

REGIONE
PUGLIA



COMUNE DI SPINAZZOLA (BAT)

Località "Masseria Colangelo"

REGIONE
BASILICATA



Provincia
B.A.T.



COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ)

Località "Gambarda"

Provincia
Potenza



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 7 AEROGENERATORI E
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

Studio di Compatibilità idraulica e Idrologica

ELABORATO

PR_16

PROPONENTE:



ITW SPINAZZOLA 2 S.R.L.

Sede Legale Via Del Gallitello, 89
85100 Potenza (PZ)
P.IVA 02054890765

CONSULENZA:



Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari tel. 080 3219948 fax. 080 2020986

Dott. Ing. Alessandro Antezza



Arch. Bernardina Bocuzzi



Dott. Sc. Nat. Maria Grazia Fracca

II DIRETTORE TECNICO

Dott. Ing. Orazio Tricarico



EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
1	DIC 2019	B.B. - M.G.F.	A.A.	O.T.	Progetto definitivo

Progetto	PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 7 AEROGENERATORI E DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.				
Regione	<i>Puglia - Basilicata</i>				
Comune	<i>Spinazzola (Provincia BAT – Regione Puglia) – Genzano di Lucania (Provincia PZ – Regione Basilicata)</i>				
Proponente	<i>ITW SPINAZZOLA 2 S.R.L. Sede Legale Via Del Gallitello, 89 85100 Potenza (PZ)</i>				
Redazione	<i>ATECH S.R.L. – Società di Ingegneria e Servizi di Ingegneria Sede Legale Via della Resistenza 48 70125 Bari (BA)</i>				
Documento	<i>Studio di Compatibilità Idrologica-Idraulica</i>				
Revisione	<i>00</i>				
Emissione	<i>Dicembre 2019</i>				
Redatto	<i>B.B. - M.G.F. – ed altri</i>	Verificato	<i>A.A.</i>	Approvato	<i>O.T.</i>

Redatto: Gruppo di lavoro	Ing. Alessandro Antezza Arch. Berardina Boccuzzi Ing. Alessandrina Ester Calabrese Ing. Sara Calabritta Arch. Claudia Cascella Dott. Naturalista Maria Grazia Fraccalvieri Ing. Emanuela Palazzotto Ing. Orazio Tricarico
Verificato:	Ing. Alessandro Antezza (Socio di Atech srl)
Approvato:	Ing. Orazio Tricarico (Amministratore Unico e Direttore Tecnico di Atech srl)

Questo rapporto è stato preparato da Atech Srl secondo le modalità concordate con il Cliente, ed esercitando il proprio giudizio professionale sulla base delle conoscenze disponibili, utilizzando personale di adeguata competenza, prestando la massima cura e l'attenzione possibili in funzione delle risorse umane e finanziarie allocate al progetto.

Il quadro di riferimento per la redazione del presente documento è definito al momento e alle condizioni in cui il servizio è fornito e pertanto non potrà essere valutato secondo standard applicabili in momenti successivi. Le stime dei costi, le raccomandazioni e le opinioni presentate in questo rapporto sono fornite sulla base della nostra esperienza e del nostro giudizio professionale e non costituiscono garanzie e/o certificazioni. Atech Srl non fornisce altre garanzie, esplicite o implicite, rispetto ai propri servizi.

Questo rapporto è destinato ad uso esclusivo di ITW SPINAZZOLA 2 S.R.L., Atech Srl non si assume responsabilità alcuna nei confronti di terzi a cui venga consegnato, in tutto o in parte, questo rapporto, ad esclusione dei casi in cui la diffusione a terzi sia stata preliminarmente concordata formalmente con Atech Srl.

I terzi sopra citati che utilizzino per qualsivoglia scopo i contenuti di questo rapporto lo fanno a loro esclusivo rischio e pericolo.

Atech Srl non si assume alcuna responsabilità nei confronti del Cliente e nei confronti di terzi in relazione a qualsiasi elemento non incluso nello scopo del lavoro preventivamente concordato con il Cliente stesso.



1.PREMESSA.....	3
2.DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE	8
2.1. ATTRAVERSAMENTI CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI	11
2.1.1AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA. 20	
2.1.2AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA	
BASILICATA	21
3.DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	25
3.1 CARTA USO DEL SUOLO	28
4.INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEI BACINI DI STUDIO	28
5.ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA	30
5.1. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	36
6.ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA.....	44
6.1. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	54
7.ANALISI IDRAULICA	57
7.1. VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA IN PUGLIA	58
7.2. VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA IN BASILICATA	69
7.3. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA PORTATA DI PIENA	73
8.MODELLAZIONE IDRAULICA	74
9.CONCLUSIONI	84
10. ALLEGATI	85



1. PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati dello **Studio di Compatibilità Idrologica – Idraulica**, di un progetto per la **realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 turbine e relative opere di connessione alla RTN, aventi potenza complessiva pari a 45 MW**, da ubicare nel **Comune di Spinazzola, in provincia di BAT**, in località extraurbana denominata *“Masseria Colangelo”*.

La società proponente è la **ITW SPINAZZOLA 2 srl**, con sede in Via del Gallitello 89 in Potenza (PZ), P. IVA 02054890765.

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al *D.Lgs 29 dicembre 2003, n. 387 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”* le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

Il layout dell’impianto è costituito da **7 turbine eoliche** ciascuna avente **diametro rotore fino a 170 m e altezza al mozzo fino a 115 metri**.

L’energia prodotta dagli aerogeneratori sarà raccolta dalla cabina di consegna d’impianto, dotata di trasformatore MT/AT, da realizzarsi in adiacenza alla stazione di consegna Terna ubicata nel territorio del comune di Genzano di Lucania in località *“Gambarda”*.

Nella immagine seguente è rappresentata la ubicazione delle torri e della sottostazione di collegamento alla rete elettrica.



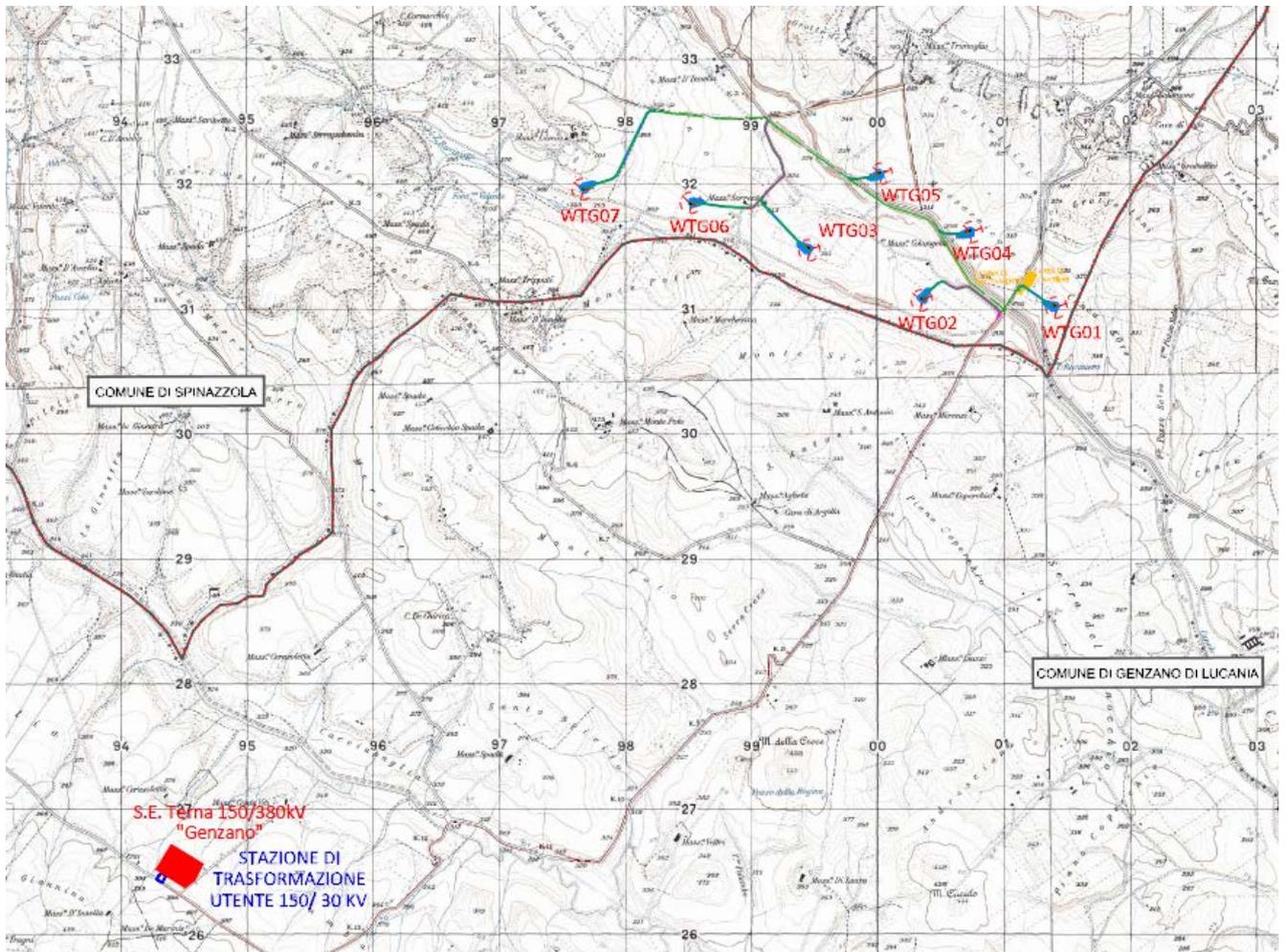


Figure 1-Planimetria di progetto su base IGM 1:25.000

L'area di intervento è interessata dal tracciato di un reticolo idrografico presente sia sulla carta IGM 1:25.000 che sulla carta Idrogeomorfologica redatta dalla AdB Puglia e dell'AdB Basilicata (cfr. immagine seguente).

In particolare tutte le turbine e il cavidotto interno sono site all'interno del territorio di Spinazzola, di competenza dell'AdB Puglia; mentre il cavidotto esterno e la sottostazione utente sono site nel comune di Genzano di Lucania, di competenza dell'AdB Basilicata, ed afferenti al Torrente Basentello (bacino del Bradano).



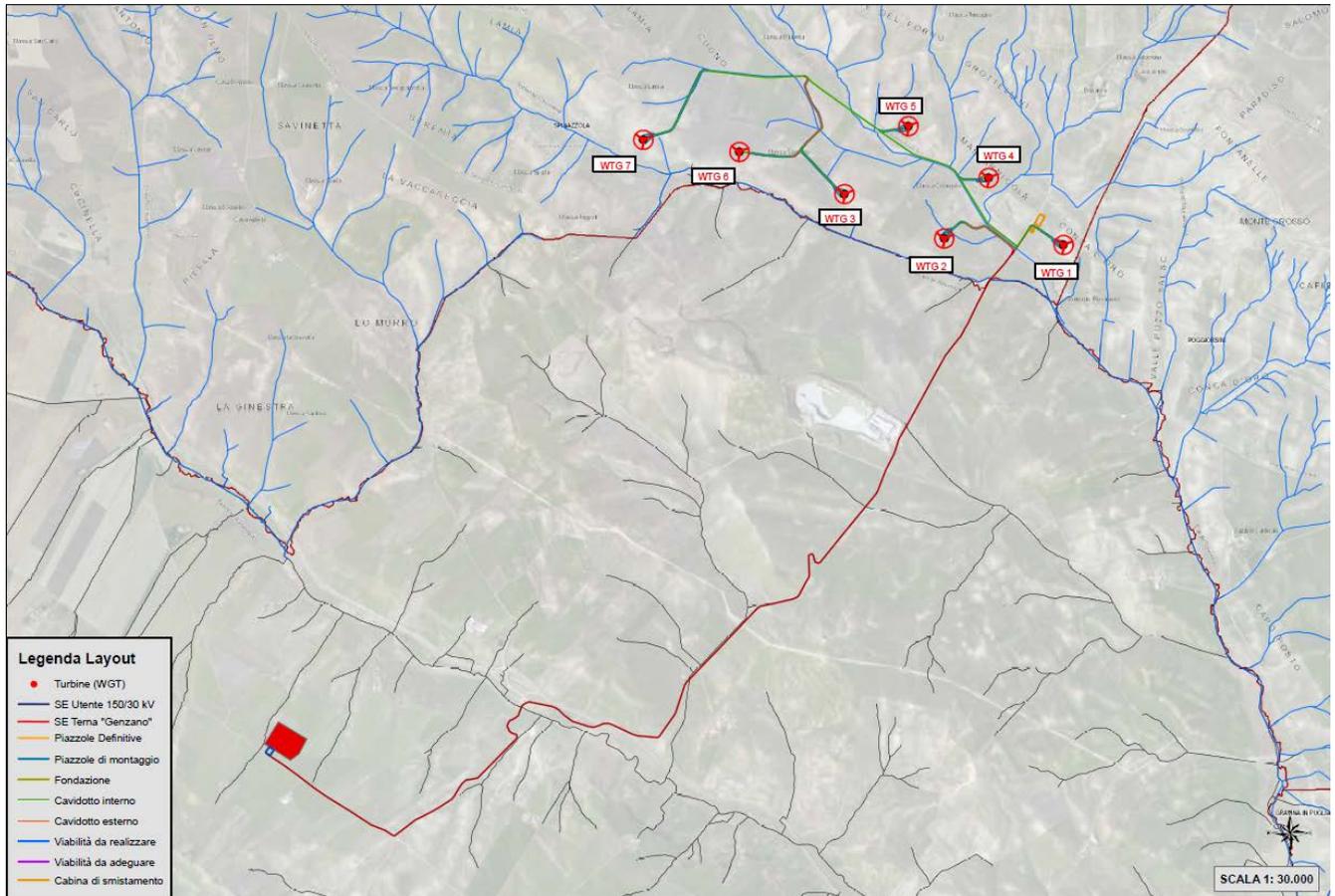


Figure 2-Inquadramento dell'area di intervento su Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (in azzurro) e della Regione Basilicata (in grigio)

Tuttavia, come si evince dalla cartografia del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), approvato dalla Autorità di Bacino della Regione Puglia e dell'Autorità di Bacino della Regione Basilicata, **l'area agricola interessata dall'intervento non è soggetta né a vincolo per pericolosità idraulica, né a vincolo per pericolosità geomorfologica.**

Allo stesso modo si può evincere come, seppur l'area sia interessata da alcune zone a pericolosità di frana perimetrate dalle due Autorità di Bacino, esse non vanno ad interessare nessuna delle componenti del parco eolico di progetto.



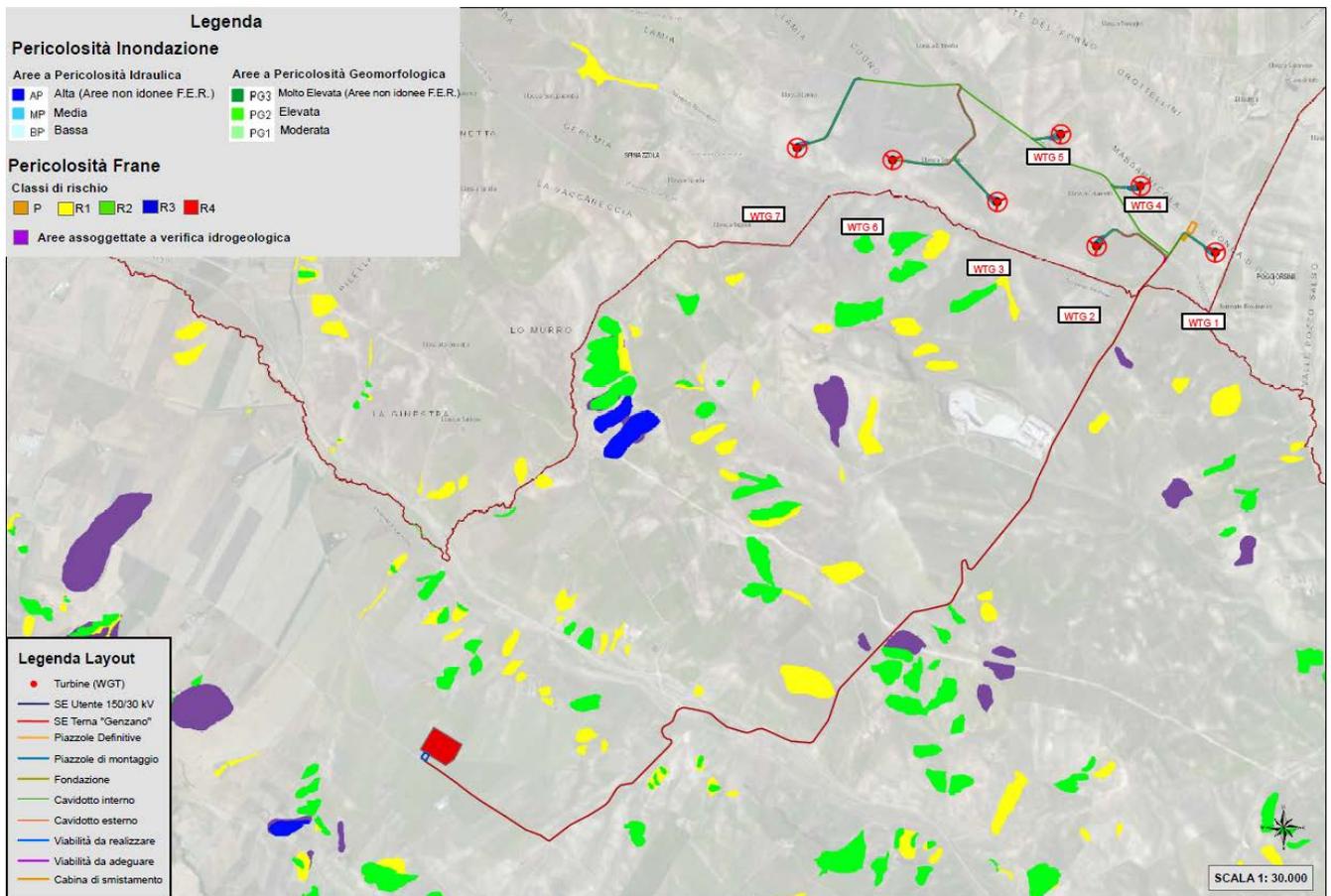


Figure 3-Inquadramento dell'impianto rispetto alle aree perimetrate dal PAI

Pertanto, è stato redatto il presente Studio, conformemente al dettato normativo delle NTA del PAI delle due Autorità di Bacino, finalizzato alla determinazione delle aree inondabili, con tempo di ritorno di 200 anni, per i bacini idrografici con sezioni di chiusura situate a valle delle aree di interesse dell'impianto.

C'è da rilevare, comunque, che gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, tra cui sono compresi i parchi eolici, sono **opere di pubblica utilità** ai sensi del Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 (*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità*) e, pertanto,



sono consentiti anche in aree classificate come *Alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali*, ai sensi dell'**art. 6 delle NTA del PAI Puglia**, purché coerenti con gli obiettivi del Piano stesso.

Allo stesso modo le **NTA del PAI Basilicata all'art. 10** "Realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti le fasce fluviali" chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale di cui agli articoli 6 e 7 previo parere dell'AdB Basilicata e previo presentazione di uno STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO che attesti che l'intervento non determina in alcun modo, incrementi delle condizioni di pericolosità idrogeologica, né può determinare alcun pregiudizio alla realizzazione di interventi di rimozione e/o riduzione delle condizioni di pericolosità preesistenti.

Pertanto, in ogni caso, l'impianto in oggetto è compatibile con le prescrizioni e le finalità del PAI.

Lo studio idrologico-idraulico è stato organizzato secondo i seguenti punti:

- analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi alle aree di intervento;
- studio idrologico dei bacini di interesse, previa caratterizzazione del regime climatico delle aree;
- studio idraulico delle aste fluviali di interesse e determinazione dei livelli idrici e delle aree inondabili al variare del tempo di ritorno (30, 200 e 500 anni);
- analisi e valutazione della compatibilità idraulica delle opere oggetto di autorizzazione.

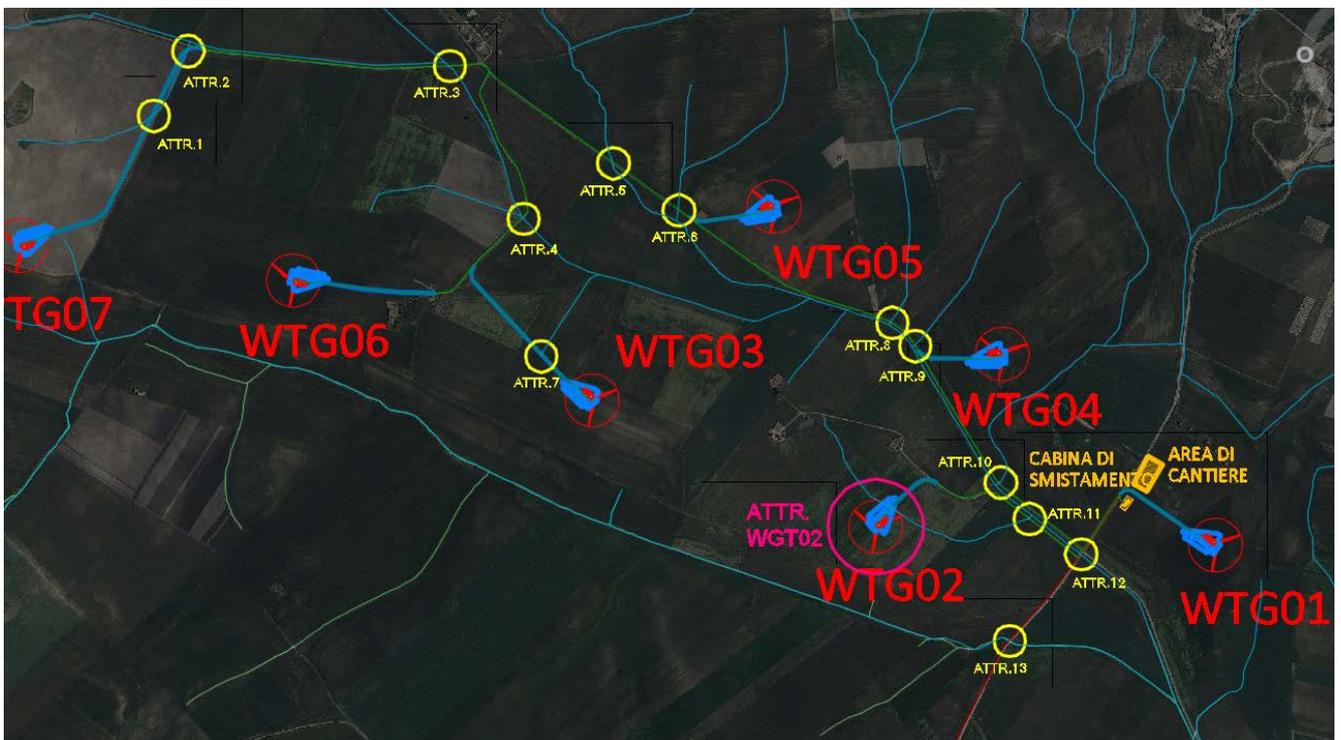
Per lo studio delle portate di piena sono stati reperiti i dati di pioggia della stazione pluviometrica di Spinazzola e per la simulazione delle piene è stato utilizzato un software che opera in moto permanente (HEC-RAS 3.1.3). Inoltre, sono state effettuate elaborazioni cartografiche prodotte mediante un Sistema Informativo Territoriale in ambiente GIS, coadiuvato da elaborazioni in ambiente CAD, sulla base di cartografie tecniche e tematiche georeferenziate.



2. Descrizione delle interferenze

Dalla sovrapposizione del layout di impianto con il reticolo idrografico, emerge che gli elementi che interferiscono con il suddetto reticolo sono:

- i cavidotti che attraversano i corsi d'acqua in più punti, sia su strada asfaltata esistente sia su nuova strada di progetto da realizzare
- la stazione utente e la turbina WGT02, **in quanto risultano posizionati a meno di 150 m da aste idrografiche.**



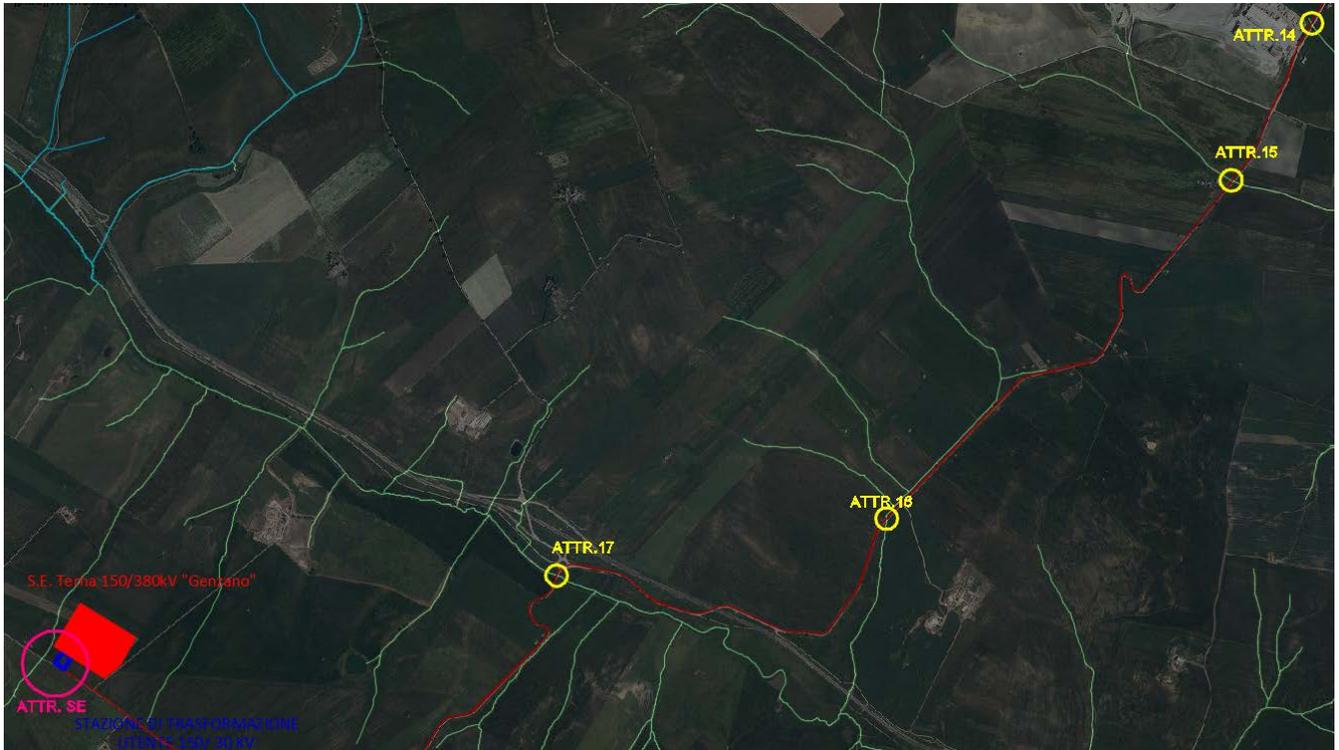


Figure 4-Inquadramento delle interferenze tra cavidotto, SE e WGT02 con reticolo idrografico

Poiché il cavidotto è un'opera interrata che verrà risolta, come sarà meglio specificato in seguito con la tecnica della TOC o dello staffaggio su ponte o tombino stradale esistente, si è scelto di studiare in questa fase i bacini idrografici afferenti alle opere fuori terra, ossia alla **sottostazione utente** (Comune di Genzano di Lucania, AdB Basilicata) e alla **turbina WGT02** (Comune di Spinazzola, AdB Puglia), **che interessano un'area che dista meno di 150 m dal reticolo idrografico.**

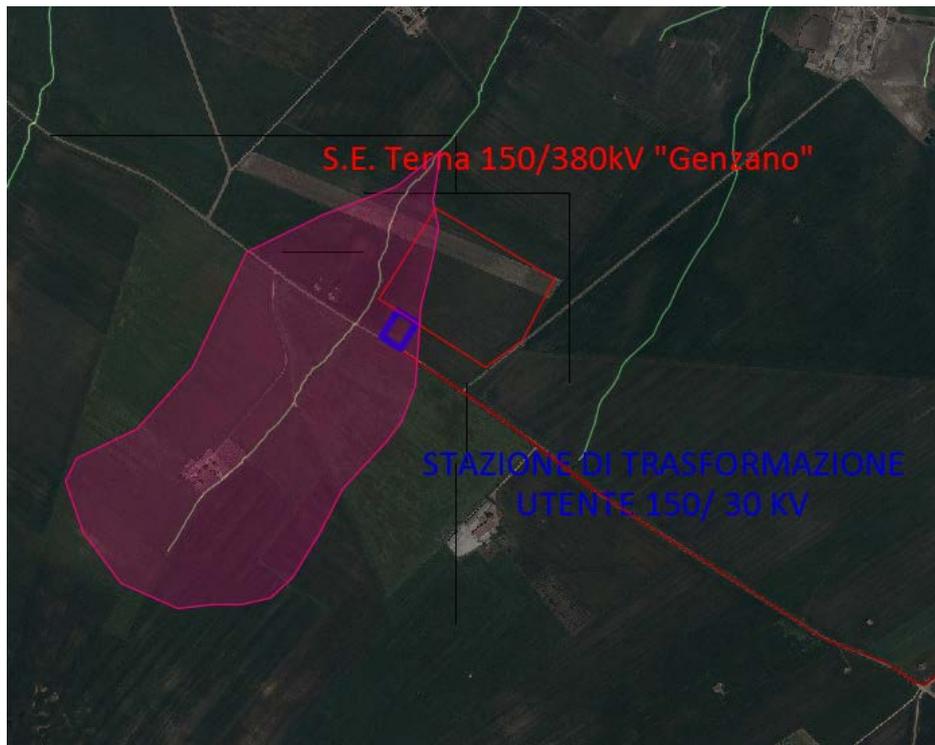
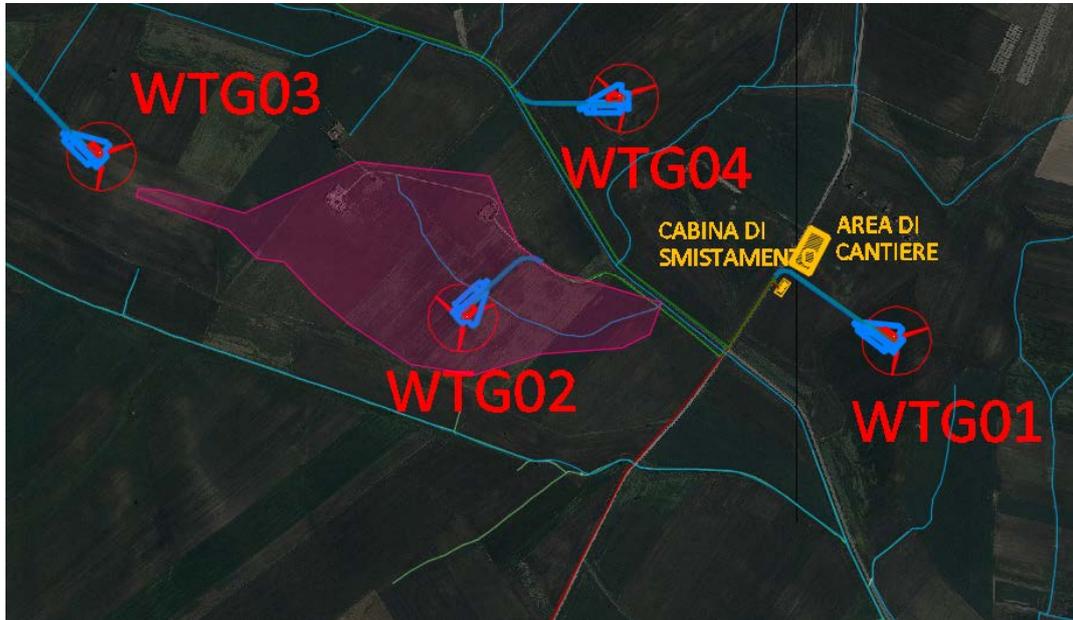


Figure 5.1-Inquadramento dei bacini idrografici della sottostazione utente e della turbina WGT02 su ortofoto

2.1. Attraversamenti cavidotto-reticoli idrografici

La parte di cavidotto oggetto del presente studio è quella evidenziata nella immagine seguente in azzurro. Per la restante parte di cavidotto, comune con la società Eolica Pugliese è stato già effettuato uno studio idraulico approvato con determina dirigenziale n°316 del 18/04/2019 della Provincia di BAT.

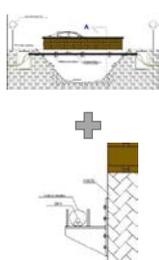
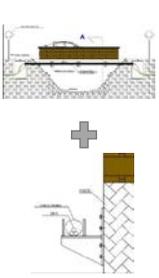
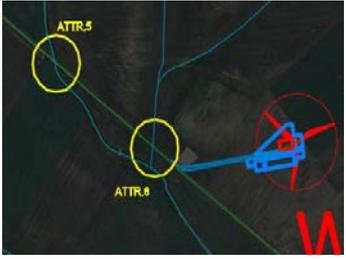
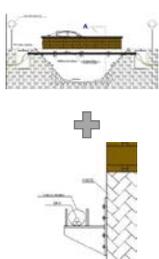
Sulla base delle informazioni rilevate da sopralluogo in sito, è stato possibile classificare le caratteristiche degli attraversamenti, stradali o su terreno agricolo, presenti lungo l'alveo dei corsi d'acqua, principali e secondari, interferenti con il cavidotto. Sono stati individuati **n.17 attraversamenti** (numerati progressivamente dalla turbina WGT07 alla sottostazione utente), che si suddivideranno in due macro tipologie di intervento, con Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) o con staffaggio sull'impalcato di un ponte stradale o tombino esistente (lato valle rispetto al deflusso del corso d'acqua).

Tali scelte progettuali garantiscono che, nella sezione di attraversamento:

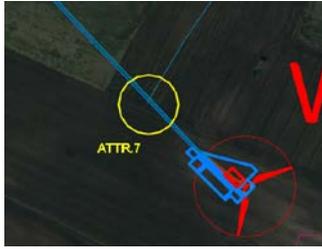
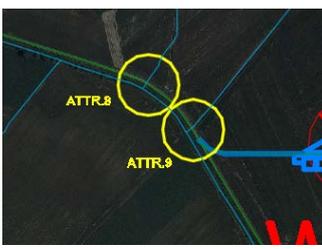
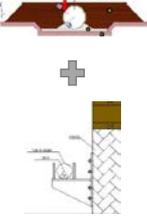
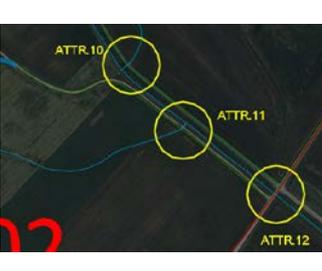
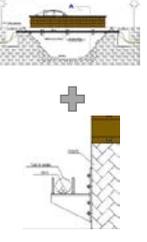
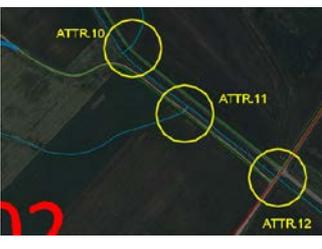
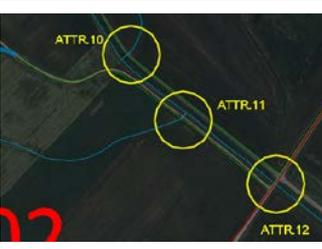
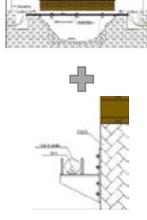
- non venga alterata la conformazione fisica e geologica del canale;
- non venga ristretta la sezione libera del canale;
- non venga alterato in alcun modo il naturale deflusso delle acque, anche in regime di piena.

Nella tabella seguente, si descrivono le **17 intersezioni** presenti tra il cavidotto e il reticolo idrografico:

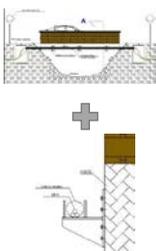
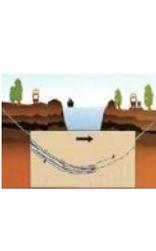
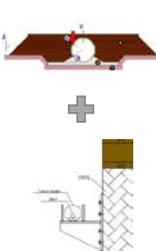
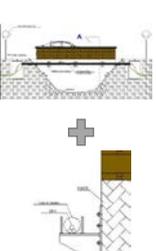
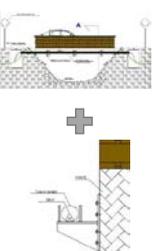


N°	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAVERSAMENTO	
1-2	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada da realizzarsi			TOC	
3	Attraversamento corso d'acqua secondario con ponticello su strada asfaltata			STAFFAGGIO SU PONTE	
4	Attraversamento corso d'acqua secondario con ponticello su strada asfaltata			STAFFAGGIO SU PONTE	
5	Attraversamento corso d'acqua principale con ponticello su strada asfaltata			STAFFAGGIO SU PONTE	
6	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TOC	



7	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada da realizzarsi			TOC	
8	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TOC	
9	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata già provvista di tombino			STAFFAGGIO SU TOMBINO ESISTENTE	
10	Attraversamento corso d'acqua secondario con ponticello su strada asfaltata			STAFFAGGIO SU PONTE	
11	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada in pietra			TOC	
12	Attraversamento corso d'acqua secondario con ponticello su strada asfaltata			STAFFAGGIO SU PONTE	



<p>13</p>	<p>Attraversamento corso d'acqua secondario con ponticello su strada asfaltata</p>			<p>STAFFAGGIO SU PONTE</p>	
<p>14</p>	<p>Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata</p>			<p>TOC</p>	
<p>15</p>	<p>Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata già provvista di tombino</p>			<p>STAFFAGGIO SU TOMBINO ESISTENTE</p>	
<p>16</p>	<p>Attraversamento corso d'acqua secondario con ponticello su strada asfaltata</p>			<p>STAFFAGGIO SU PONTE</p>	
<p>17</p>	<p>Attraversamento corso d'acqua principale con ponticello su strada asfaltata</p>			<p>STAFFAGGIO SU PONTE</p>	



Per i tratti di cavidotto su strada esistente asfaltata, per i quali non esiste attualmente alcun manufatto di attraversamento, il passaggio sarà effettuato attraverso la tecnica della **trivellazione orizzontale controllata** (TOC o Directional Drilling).

La tecnica TOC verrà effettuata secondo i seguenti step:

- 1) scavo per l'esecuzione delle buche di partenza e arrivo necessarie,
- 2) esecuzione del foro pilota,
- 3) alesatura del foro fino al raggiungimento del diametro utile alla posa,
- 4) fornitura e posa dei tubi previsti ed esecuzione giunzione dei tubi,
- 5) riempimento della parte eccedente dei fori con sabbia,
- 6) posa di filo di tiro,
- 7) posa delle linee elettriche ed in fibra ottica,
- 8) esecuzione delle necessarie giunzioni di raccordo alle linee cavi interrati, rinterro e ripristino delle buche.

Il cavidotto verrà posato ad una profondità pari ad almeno 1,5 m rispetto alla quota del fondo dell'alveo. L'intervento verrà eseguito rigorosamente in sicurezza idraulica al fine di avere il cavidotto in posizione di tutta sicurezza rispetto alle possibili ondate di piena.



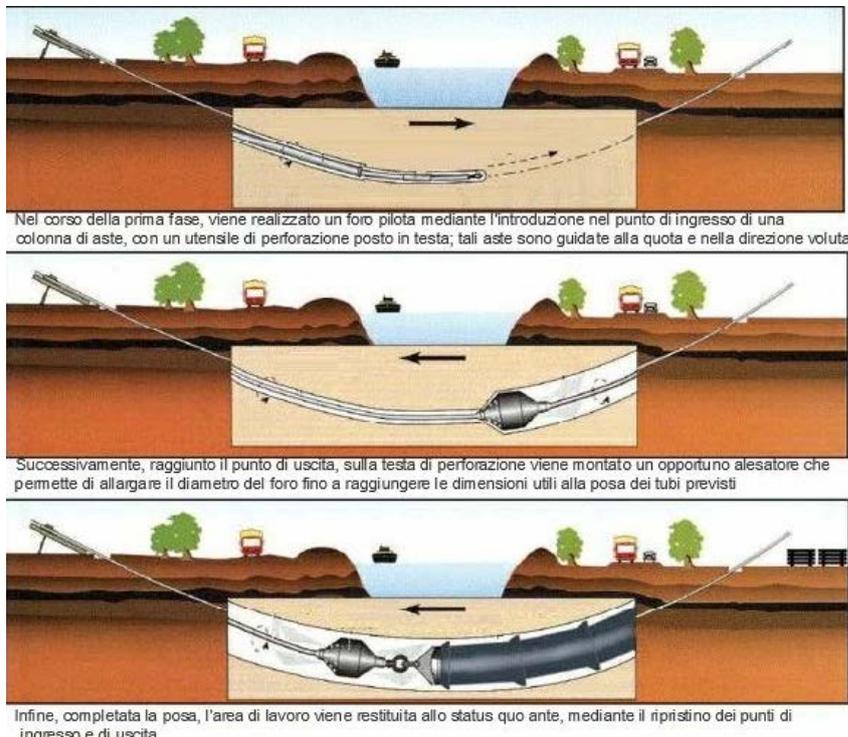
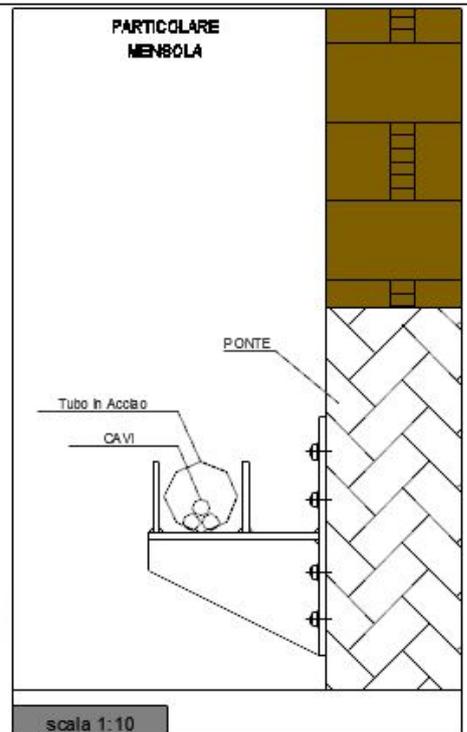
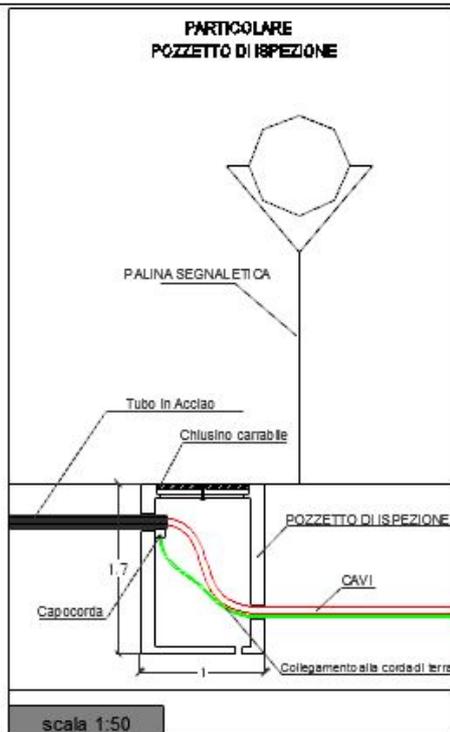
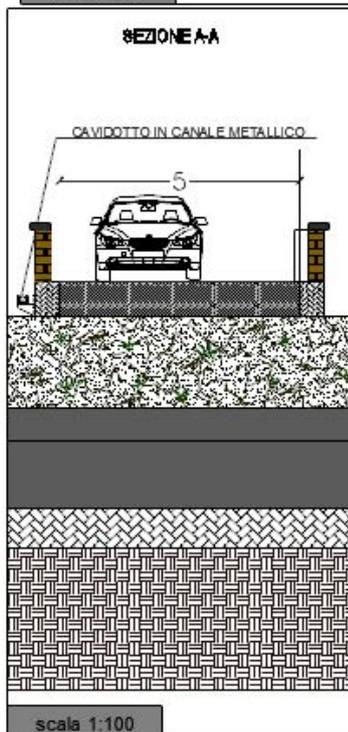
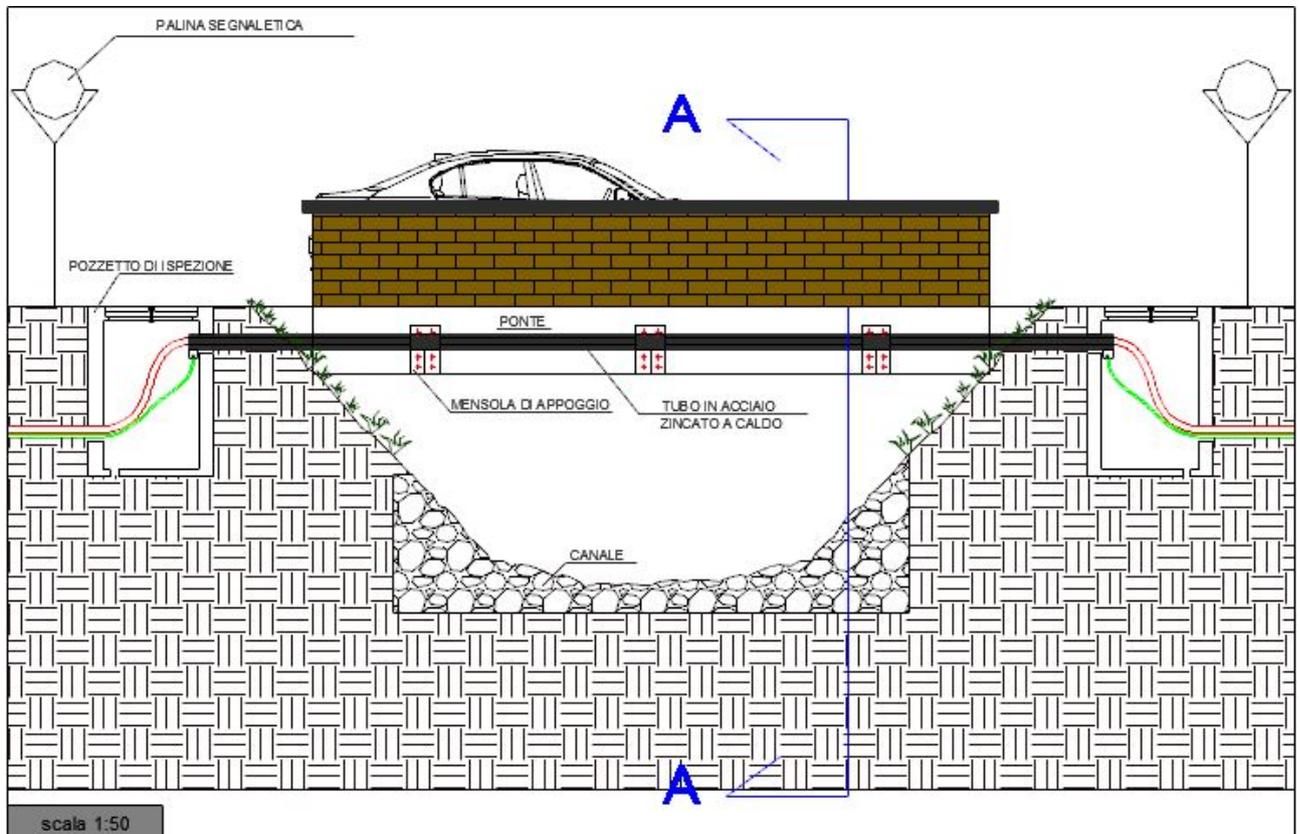


Figura 5- Fasi di lavorazione tecnica TOC.

La posa in opera del cavidotto mediante **staffaggio** riguarda, invece, soltanto i tratti di cavidotto scelti in modo da attraversare i corsi d'acqua su ponticelli e cunicoli già esistenti. Lo staffaggio non richiede cambiamenti di sezione sia dell'alveo naturale che dell'attraversamento, per cui questo intervento implica un impatto nullo sull'ambiente idrico, in quanto non verrà alterato il deflusso delle acque. Il cavidotto viene, appunto, staffato, in tubo camicia, all'impalcato del ponte sul lato di valle, in maniera da non subire alcuna influenza anche durante la eventuale piena duecentennale e senza alterare minimamente le caratteristiche fisiche e strutturali del ponticello, oltre che le condizioni di deflusso in alveo.



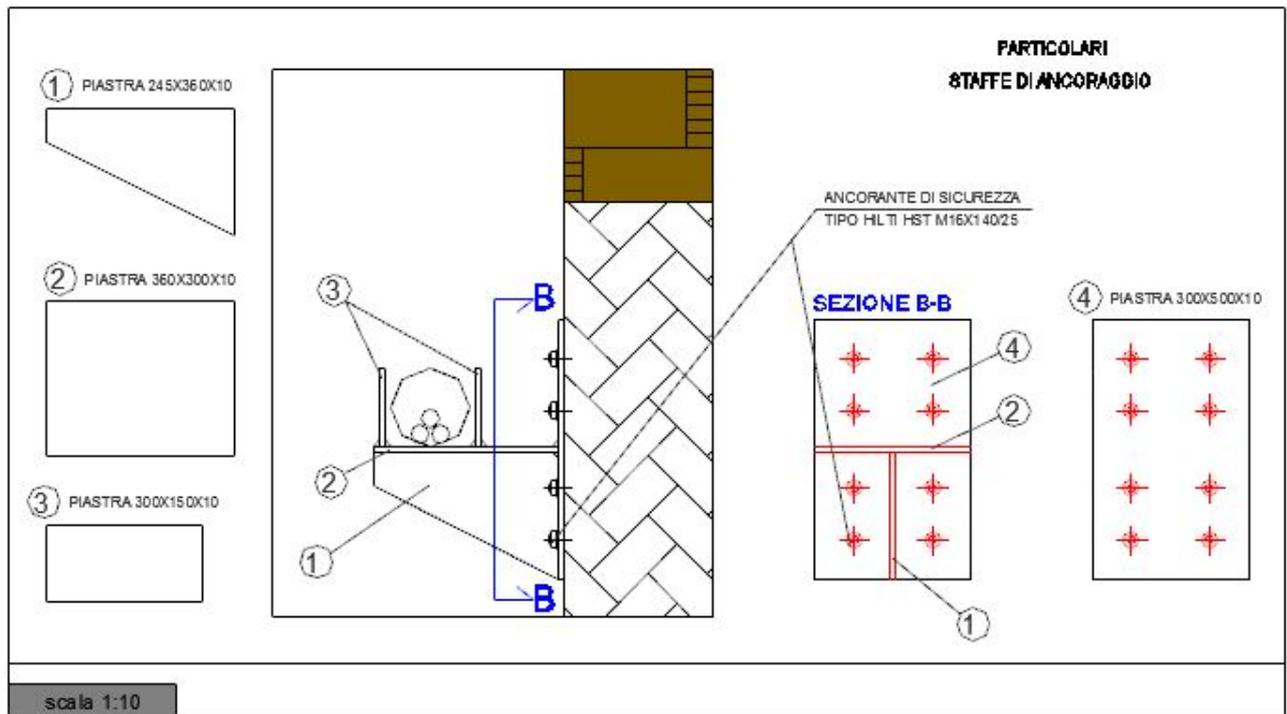
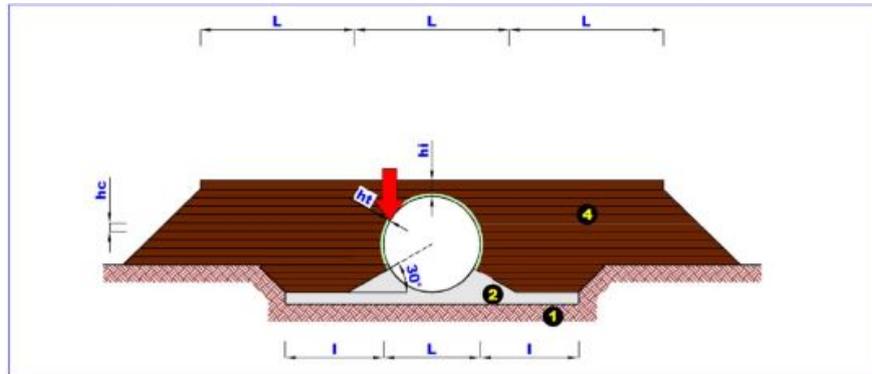


Figura 6 - Rappresentazione grafica dello staffaggio su ponte

Inoltre per ciò che concerne le intersezioni del reticolo idrografico con la viabilità da realizzare, in sostituzione alla tecnologia TOC, sarà possibile posizionare appositi tombini del tipo Armco, in lamiera ondulata, circolare per gli attraversamenti su strada di campagna effettuati con scavo (cfr. figure seguenti):





- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 2 fondazione artificiale e letto di posa
- 4 rilevato laterale di tenuta
- l ≥ 1.00 m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- ht 20 cm. sabbia \varnothing max. 5 mm.
- hc 20 ÷ 30 cm. max. altezza dello strato
- hi altezza di rilevato minima, atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere



Figura 7 - Rappresentazione grafica del tombino con tubazione circolare Armco

2.1.1 Aree soggette a tutela da parte dell’Autorità di Bacino della Puglia

Come precedentemente sottolineato, il parco eolico non ricade in aree soggette a Pericolosità Idraulica o Geomorfologica, pertanto non è subordinato all’acquisizione del parere dell’Autorità di Bacino della Puglia.

Per verificare, invece, le interferenze tra gli aerogeneratori e le relative infrastrutture con il reticolo idrografico, si sono valutate le distanze di ciascuna di esse dai corsi d’acqua presenti sulla carta Idrogeomorfologica redatta dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Tuttavia, gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, tra cui è compreso un impianto eolico, sono **opere di pubblica utilità** ai sensi del Decreto Legislativo 29 Dicembre 2003, n.387 (Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità), e pertanto sono consentite anche in aree classificate come Alvei fluviali in modellamento attivo e Aree golenali, ai sensi dell’art. 6 e 10 delle NTA del PAI, purché coerenti con gli obiettivi del Piano stesso.

Ai sensi del comma 4 dell’**art.6** delle **NTA del PAI**, nelle porzioni di terreno di alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali possono essere consentiti gli *“interventi di ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell’Autorità di Bacino”*.

Ai sensi del comma 2 dell’**art.10** delle **NTA del PAI**, nelle fasce di pertinenza fluviale, che si estendono per 150 metri a destra e sinistra idraulica rispetto all’alveo, possono essere consentiti



“tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all’art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell’Autorità di Bacino”.

Pertanto, in ogni caso, **l’intervento oggetto di studio è compatibile con le prescrizioni e le finalità del PAI**, previa redazione di uno Studio di Compatibilità Idrologica ed Idraulica.

Lo studio idrologico-idraulico è stato organizzato secondo i seguenti punti:

- analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi alle aree di intervento;
- studio idrologico dei bacini di interesse, previa caratterizzazione del regime climatico delle aree;
- studio idraulico delle aste fluviali di interesse e determinazione dei livelli idrici e delle aree inondabili al variare del tempo di ritorno;
- analisi e valutazione della compatibilità idraulica delle opere oggetto di autorizzazione.

L’unico aerogeneratore del parco eolico in progetto rientrante nelle aree golenali, poiché sito a poco meno di 150 metri dal reticolo idrografico, risulta essere il WGT02.

. Tutti gli altri aerogeneratori e le relative opere annesse risultano invece ad una distanza maggiore di 150 m dal reticolo idrografico.

2.1.2 Aree soggette a tutela da parte dell’Autorità di Bacino della Basilicata

Al fine della salvaguardia dei corsi d’acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, il PAI individua i reticoli idrografici in tutto il territorio di competenza dell’Autorità di Bacino della Basilicata, nonché l’insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali.



Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, redatto ai sensi dell'art.65 del D.Lgs 152/2006 (il D.Lgs 152/2006 abroga e sostituisce il precedente riferimento di legge costituito dalla L.183/89 e s.m.i.), ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico del territorio compreso nell'Autorità di Bacino della Basilicata.

Il PAI persegue le finalità dell'art.65 c.3 lett.a), b), c), d), f), n), s) del D.Lgs.152/2006. Nello specifico individua e perimetra le aree a rischio idraulico e idrogeologico per l'incolumità delle persone, per i danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, per l'interruzione di funzionalità delle strutture socio-economiche e per i danni al patrimonio ambientale e culturale, nonché gli interventi prioritari da realizzare e le norme di attuazione relative alle suddette aree.

Inoltre, il Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione del suolo e delle opere di difesa, quali elementi essenziali per assicurare il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale del territorio, nonché di promuovere le azioni e gli interventi necessari a favorire:

- le migliori condizioni idrauliche e ambientali del reticolo idrografico, eliminando gli ostacoli al deflusso delle piene in alveo e nelle aree golenali;
- le buone condizioni idrogeologiche e ambientali dei versanti;
- la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e idrogeologica.

L'AdB definisce delle fasce di territorio inondabili per piene con tempi di ritorno fino a 30 anni, per piene con tempi di ritorno fino a 200 anni e per piene con tempi di ritorno fino a 500 anni, dei corsi d'acqua compresi nel territorio dell'AdB della Basilicata: fiume Bradano, fiume Basento, fiume Cavone, fiume Agri, fiume Sinni, fiume Noce;

Inoltre, il PAI definisce:



- prioritariamente la pianificazione delle fasce fluviali del reticolo idrografico principale e una volta conclusa tale attività, la estende ai restanti corsi d'acqua di propria competenza;
- una strategia di gestione finalizzata a superare gli squilibri in atto conseguenti a fenomeni naturali o antropici, a salvaguardare le dinamiche idrauliche naturali, con particolare riferimento alle esondazioni e alla evoluzione morfologica degli alvei, a salvaguardare la qualità ambientale dei corsi d'acqua attraverso la tutela dell'inquinamento dei corpi idrici e dei depositi alluvionali permeabili a essi direttamente connessi, a favorire il mantenimento e/o il ripristino, ove possibile, dei caratteri di naturalità del reticolo idrografico;
- una politica di minimizzazione del rischio idraulico attraverso la formulazione di indirizzi relativi alle scelte insediative e la predisposizione di un programma di azioni specifiche, definito nei tipi di intervento e nelle priorità di attuazione, per prevenire, risolvere o mitigare le situazioni a rischio.

La sottostazione utente del parco eolico in progetto rientra in un'area interessata da fasce di rispetto di corso d'acqua, individuate dall'Autorità di Bacino della Regione Basilicata, ed è stato redatto lo studio idrologico e idraulico ai sensi dell'art.10 delle Norme di Attuazione del PAI, che regola la *“Realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti le fasce fluviali”* con i comma seguenti:

“1. E' consentita, previo parere dell'AdB, la realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale di cui agli articoli 6 e 7 riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non concorrano ad incrementare il carico insediativo, non aggravino la funzionalità idraulica dell'area, non determinino impatti significativi sull'evoluzione morfologica del corso d'acqua né sulle caratteristiche di particolare rilevanza ambientale dell'ecosistema fluviale.

2. La realizzazione di infrastrutture o impianti lineari o a rete quali ad esempio quelli idrici, fognari, del gas, elettrici, tecnologici, nel caso in cui sia prevista all'interno dell'area di sedime di strade



pubbliche o private, è consentita previa trasmissione all'Autorità di Bacino e agli Uffici regionali chiamati a rilasciare pareri/autorizzazioni di competenza, di uno studio idrologico idraulico, asseverato dal progettista, che attesti che l'intervento sia nella fase di cantiere sia nella fase di esercizio non determina in alcun modo incrementi delle condizioni di pericolosità idrogeologica né può determinare alcun pregiudizio alla realizzazione di interventi di rimozione e/o riduzione delle condizioni di pericolosità preesistenti.

Il Gestore dell'infrastruttura da realizzare, ove già univocamente individuato o, in sua assenza, il Titolare dell'iniziativa, dovrà inoltre dichiarare di essere consapevole delle condizioni di pericolosità esistenti sull'area precisando di rinunciare a qualsiasi richiesta di risarcimento per danni all'opera da realizzare derivanti da dette condizioni. L'impegno alla rinuncia a qualsiasi richiesta di risarcimento, se la dichiarazione è rilasciata da Soggetto diverso dal Gestore, dovrà essere trasferito a quest'ultimo all'atto dell'affidamento della gestione.

Il Gestore delle opere è tenuto al monitoraggio ed alla realizzazione degli interventi necessari a garantire il buon stato di conservazione dell'opera realizzata...".



3. Descrizione dei bacini idrografici

Dall'analisi delle interferenze effettuata al capitolo precedente, emerge che le interferenze, determinata dalla mutazione dello stato dei luoghi per la realizzazione di una nuova opera e/o viabilità, sono rappresentate da:

- Realizzazione della WGT02
- Realizzazione della sottostazione utente

Le due opere di progetto interessano le acque afferenti a 2 bacini aventi le seguenti caratteristiche geomorfologiche:



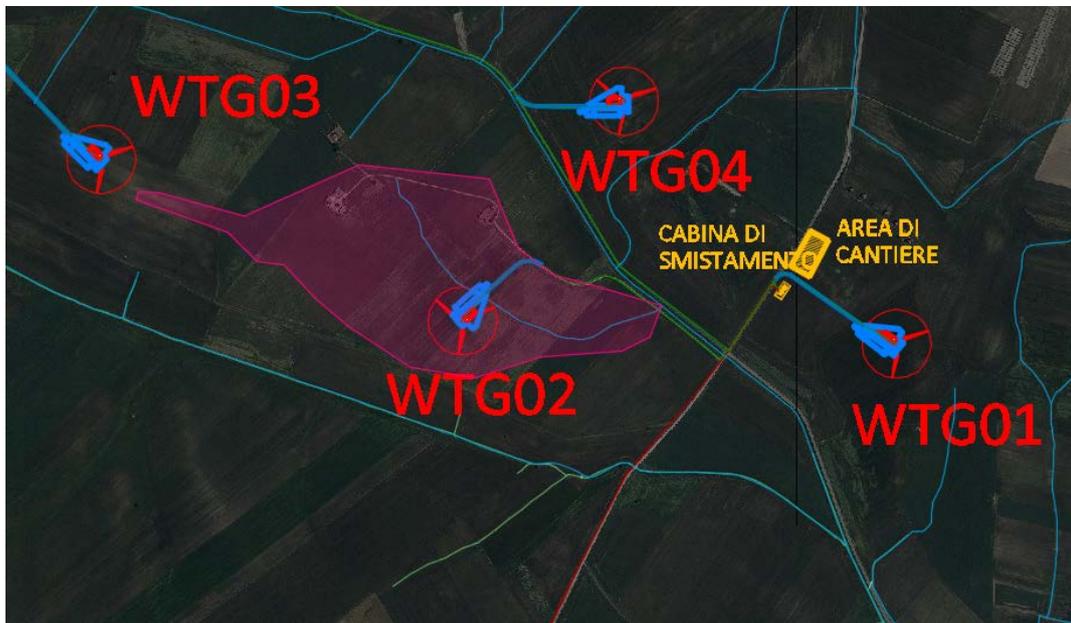


Figura 8.1 – Bacino Idrografico afferente alla WGT02

Bacino WGT02		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[m]</i>	863
<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	350.00
<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	305.00
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	327.50
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[kmq]</i>	0.32
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.03

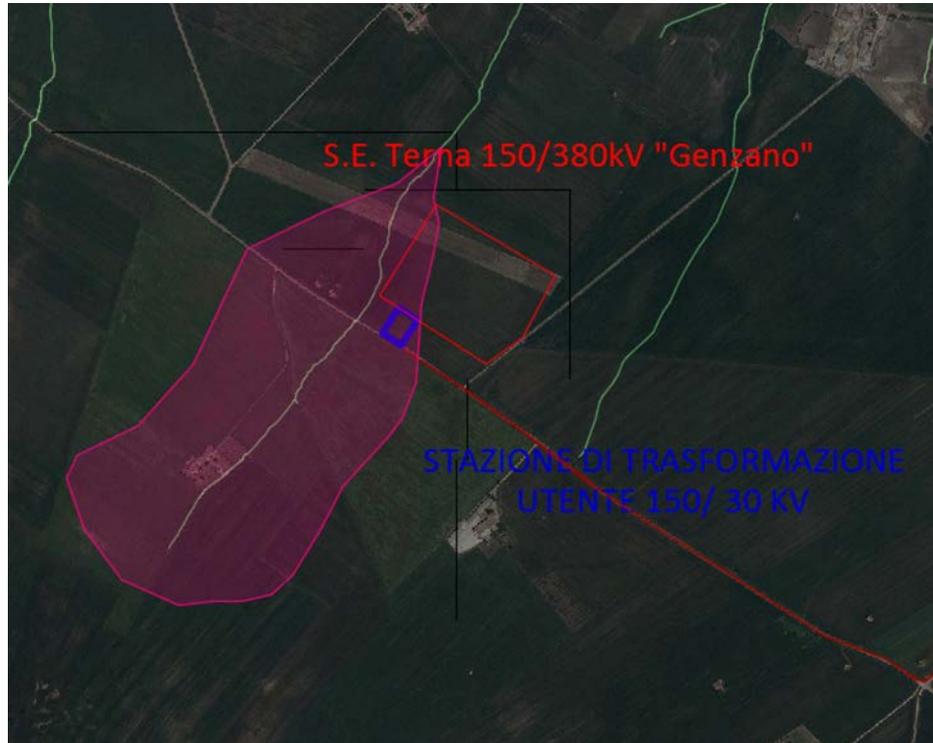


Figura 8.2 – Bacino Idrografico afferente alla Sottostazione Utente

Bacino Sottostazione Utente		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[m]</i>	1065
<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	440.00
<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	385.00
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	412.50
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[kmq]</i>	0.4
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.052

3.1 Carta Uso del Suolo

Per quanto riguarda l'uso del suolo, i bacini idrografici considerati sono caratterizzati al 100% dalla presenza di seminativi semplici in aree irrigue (cfr. immagine seguente: elaborazione dell'uso del suolo nella sola area di bacino, fonte Sit Puglia e RSDI Basilicata – Carta uso del suolo).

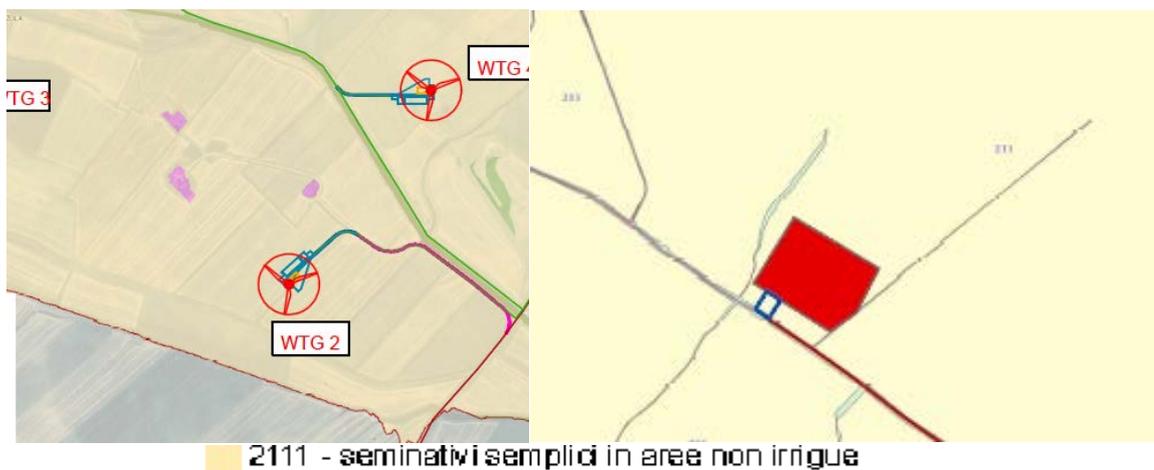


Figura 9 - Carta uso del suolo

4. Inquadramento geologico e geomorfologico dei bacini di studio

L'area interessata dai bacini di interesse, ricade nel foglio 188 della Carta Geologica d'Italia (Gravina in Puglia), scala 1:100.000.

Dal punto di vista geologico, in relazione a quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia, il territorio in cui si estendono i bacini idrografici oggetto del presente studio, è interessato dalle seguenti formazioni geologiche:



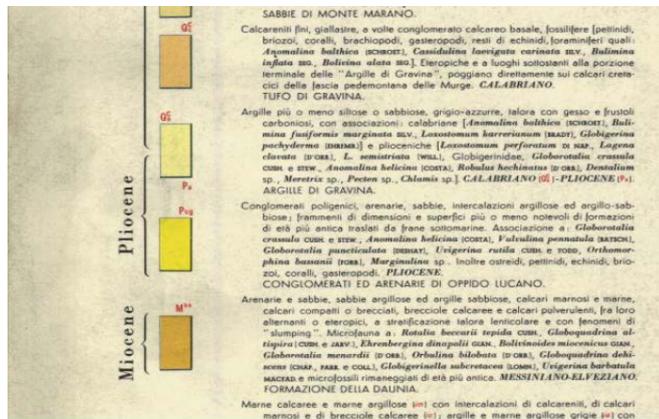


Figure 10: Stralcio della carta geologica d'Italia (F.188, scala 1:100.000).

5. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale".

Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico, che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.



In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione del territorio pugliese centro-meridionale, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I.I., le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di



informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri θ^* e Λ^* . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 66 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri θ^* e Λ^* .

L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di Λ_1 . Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	θ^*	Λ^*	Λ_1
Puglia centro meridionale	2.121	0.353	17.55

Tabella 1- Parametri d'interesse.

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata X_d, TR viene espressa in funzione di una quantità KTR, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno TR e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno TR ed è definito dal rapporto seguente:



$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T_R})}$$

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della $X_{d,TR}$. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno TR ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e $\Lambda 1$, è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di TR attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di θ^* , Λ^* e $\Lambda 1$.

Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R \quad (1)$$

Per la Puglia centro-meridionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:



$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R \quad (2)$$

anche se va rimarcato come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per T<50 anni e superiori al 5% per T<100 anni.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Per l'intera regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h:

ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{\frac{(ch+D+\ln\alpha - \ln a)}{\ln 24}}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

Tabella 2- Correlazione tra $\mu(X_g)$ e la durata di precipitazione.

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;



- nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione.

Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese - Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.

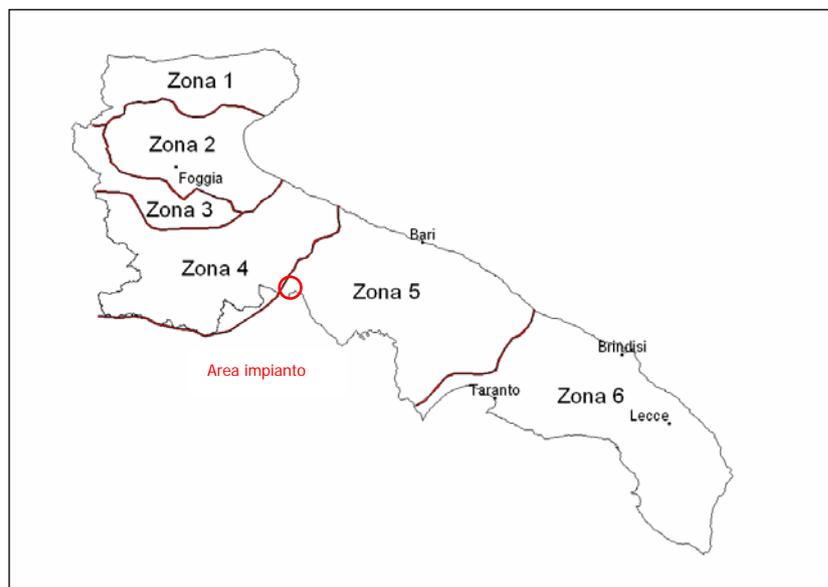


Figure 6.1 - Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = a d^{(Ch+D+\ln\alpha-\ln a)/\ln 24} \quad (3)$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.



Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire (cfr. Tabella 3).

Zona	α	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Tabella 3 - Coefficienti del 3° livello di regionalizzazione.

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (K_T) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d) \quad (4)$$

5.1. Curve di possibilità climatica

Lo studio idrologico condotto ha, quindi, consentito la determinazione delle curve di possibilità climatiche a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino oggetto del presente studio.

Per la determinazione delle curve di possibilità climatiche con il metodo di Gumbel si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica che interessa il bacino idrografico di interesse, la stazione pluviometrica di **Spinazzola**, che interessa interamente il bacino idrografico di interesse e di cui si



riporta l'annale idrologico.



Figure 7 – Inquadramento del bacino idrografico nel poligono di Thiessen di Spinazzola.

Stazione di:	SPINAZZOLA				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1936	26.0	28.0	28.2	29.4	35.8
1937	12.4	19.4	26.8	33.2	36.0
1938	12.0	13.2	18.2	25.2	35.0
1942	27.6	35.4	35.4	35.4	48.4
1951	25.4	29.8	29.8	39.2	60.8
1952	18.6	21.0	27.8	46.6	64.6

1953	17.2	29.2	35.8	52.0	57.4
1954	15.4	29.2	43.0	58.4	84.8
1955	40.0	42.4	42.4	58.2	85.4
1956	17.6	28.2	30.6	44.0	60.0
1957	18.2	29.2	47.4	58.0	94.8
1958	24.4	35.2	42.8	48.2	53.2
1962	25.0	37.6	38.8	42.8	44.0
1963	37.4	37.4	51.2	51.2	51.2
1964	33.8	36.2	37.4	37.6	50.0
1966	23.0	39.8	39.8	41.2	61.4
1967	30.0	35.6	35.8	35.8	46.2
1968	27.8	28.4	36.4	41.2	43.4
1969	29.0	31.8	31.8	34.4	36.0
1970	19.8	42.8	54.0	71.4	102.6
1972	42.8	59.0	63.0	69.0	108.6
1973	29.2	64.8	72.0	75.8	78.0
1974	33.6	34.0	34.0	47.0	48.8
1975	25.8	25.8	33.8	35.6	45.8
1976	24.0	42.8	54.0	75.2	110.2
1977	20.2	20.8	22.8	26.6	33.0
1978	19.8	22.6	24.2	30.2	32.6
1979	16.6	21.8	34.0	36.8	47.2
1980	15.8	16.8	26.8	37.8	46.0
1981	22.6	25.6	39.0	39.0	40.0
1982	38.6	46.6	49.6	49.6	49.6
1984	26.0	31.4	40.2	40.6	43.2



1985	15.6	19.8	24.6	32.4	42.4
1986	25.8	28.8	31.6	32.0	53.8
1988	23.4	30.6	40.8	45.0	56.2
1989	26.4	31.8	35.8	36.0	36.0
1990	19.6	24.2	36.4	65.0	79.2
1991	>>	>>	>>	>>	>>
1992	>>	>>	>>	>>	>>
1993	32.6	36.4	38.6	38.8	38.8
1994	67.4	73.8	74.4	74.4	74.4
1995	>>	>>	>>	>>	>>
1996	23.2	24.4	35.4	47.6	54.6
1998	19.0	22.4	25.4	30.8	53.4
1999	33.8	36.0	36.2	36.2	36.2
2000	13.8	20.6	36.0	22.6	30.8
2001	25.4	30.6	31.0	31.0	35.4
2002	27.4	29.0	29.0	31.8	41.2
2003	23.6	31.8	36.0	41.6	70.8
2004	51.8	53.2	53.2	60.4	64.8
2005	18.6	26.4	26.4	33.4	33.4
2006	11.0	14.0	18.2	30.0	53.8
2007	21.6	26.6	29.8	37.8	43.6
2008	>>	>>	>>	>>	>>
2009	26.8	27.8	30.8	35.4	41.2
2010	36.2	36.2	59.8	89.8	114.2
2011	23.0	28.6	48.6	66.2	78.2
2012	19.0	22.4	28.0	38.0	48.2



Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche con il metodo VAPI si è verificato che l'area d'intervento si trova nella **zona 5** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della Tabella 3 relativi alla zona 5.

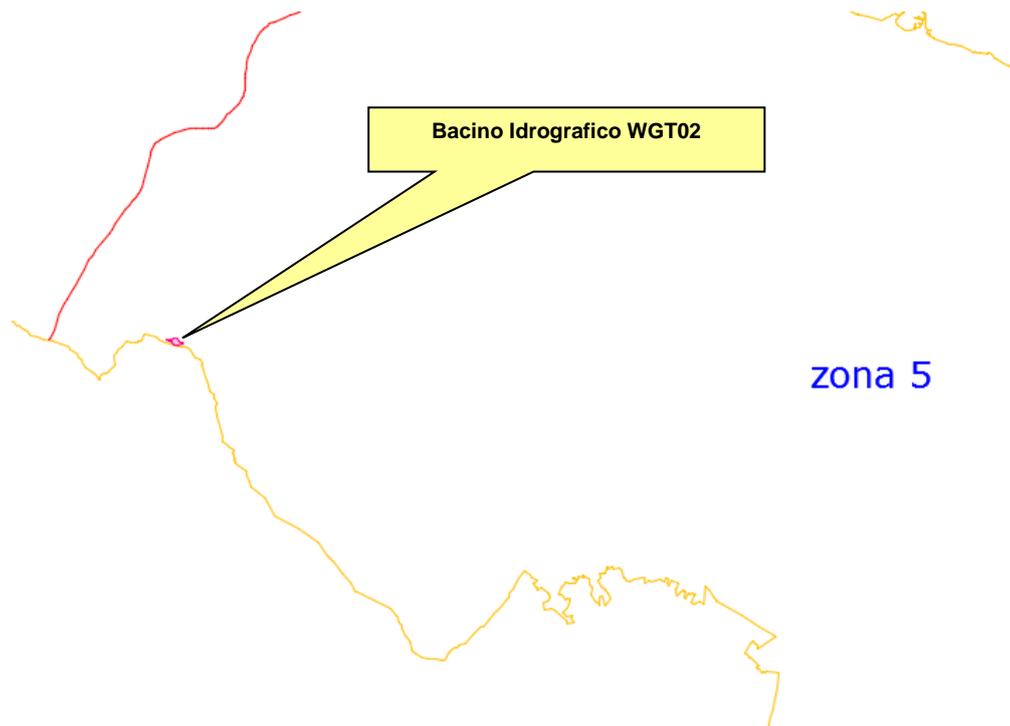


Figure 8 – Zona VAPI di interesse del bacino idrografico.

Quindi, per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si utilizza la seguente relazione:

Zona 1: $x(t,z) = 26.8 t^{(0.720+0.00503 z)/3.178}$

Zona 2: $x(t) = 22.23 t^{0.247}$

Zona 3: $x(t,z) = 25.325 t^{(0.0696+0.00531 z)/3.178}$

Zona 4: $x(t) = 24.70 t^{0.256}$

Zona 5: $x(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002 z)/3.178}$

Zona 6: $x(t,z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022 z)/3.178}$

L'elaborazione dei dati pluviometrici ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatica per i differenti tempi di ritorno.

Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI e quella della distribuzione probabilistica di Gumbel (cfr. tabelle seguenti):

Tr = 30 anni – Stazione di Spinazzola					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	47.490	57.191	63.995	77.287	102.690
VAPI	54.058	68.703	79.923	92.974	108.156

Tabella 4 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 anni – Stazione di Spinazzola					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62.417	74.480	81.937	99.614	134.600
VAPI	81.696	103.828	120.783	140.507	163.451

Tabella 5 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 anni – Stazione di Spinazzola					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	69.584	82.781	90.552	110.334	149.921
VAPI	95.044	120.793	140.519	163.465	190.158

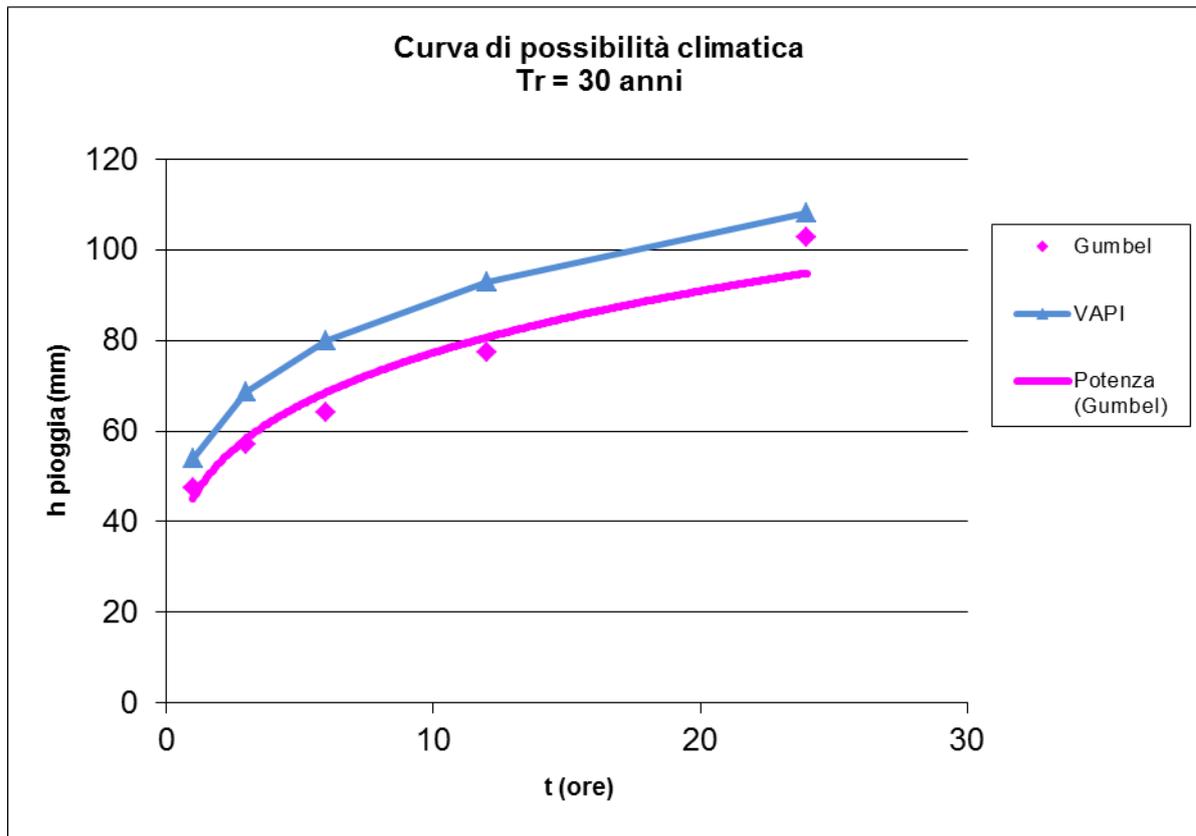


Tabella 6 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).

Confrontando le due metodologie adottate si evince che le altezze di pioggia determinate utilizzando il metodo VAPI siano quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo della metodologia GUMBEL, soprattutto per alti tempi di ritorno.

Pertanto, nel presente studio è utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dall'applicazione del metodo VAPI che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



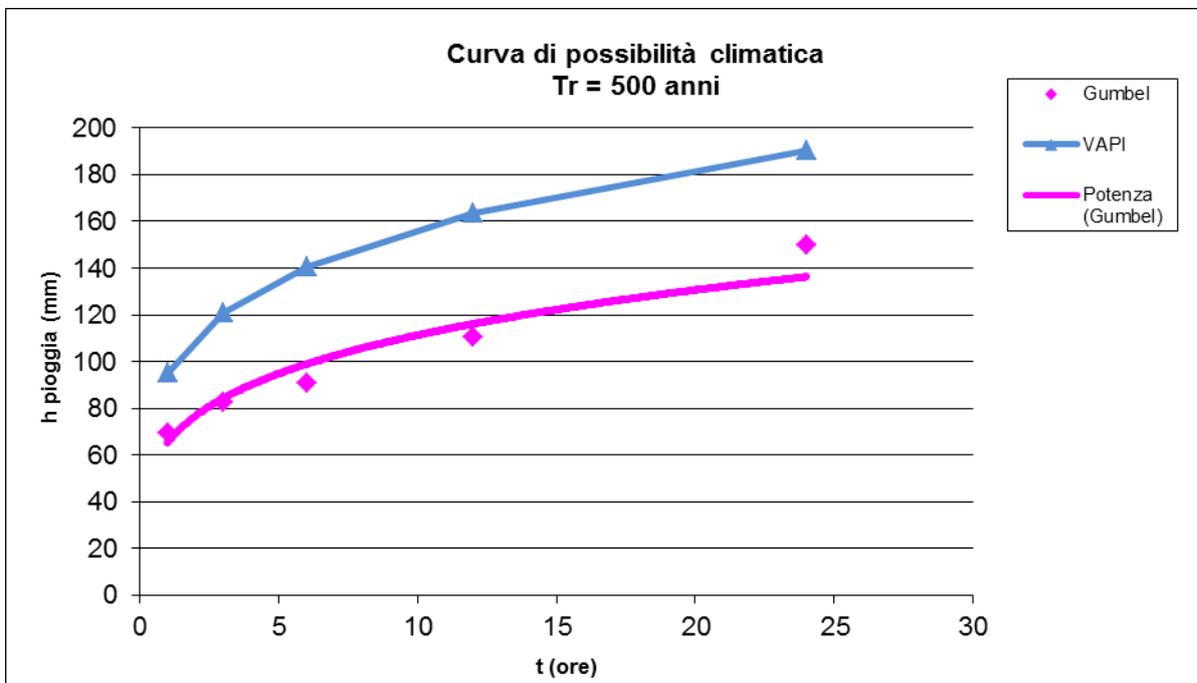
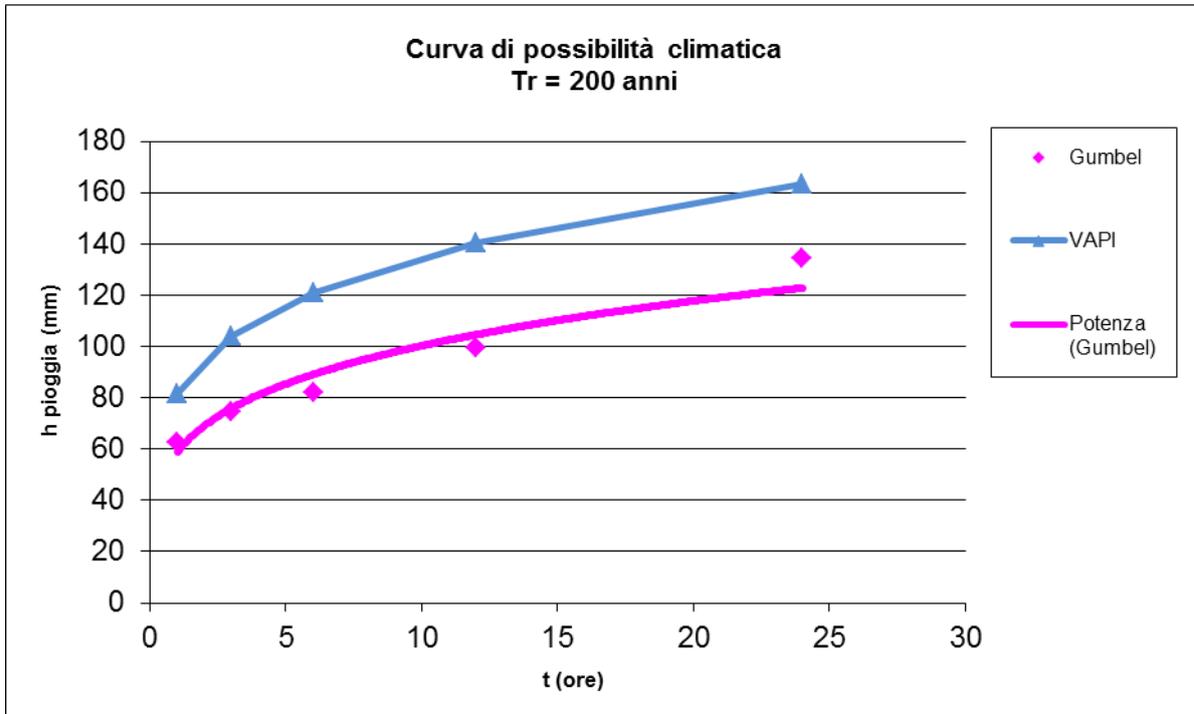


Figure 9 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno



6. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA

Lo studio idrologico dell'area in esame è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica applicando il metodo VAPI Basilicata.

In particolare, la valutazione di dette curve al variare del tempo di ritorno è stata condotta rifacendosi alle procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa della Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'Analisi regionale delle piogge brevi in Basilicata (a cura di Claps e Straziuso Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli Studi della Basilicata, 1996) e del Rapporto di Valutazione delle Piene in Basilicata (1999), nel seguito denominato VAPI Basilicata.

Oltre a tale approccio, è stata utilizzata anche la procedura tradizionale mediante la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica mediante il metodo di Gumbel.

La procedura adoperata e i risultati dei calcoli effettuati sono ampiamente descritti nei paragrafi successivi. Si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto procedura ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei deflussi naturali nelle sezioni di interesse si è fatto ricorso alla formula razionale e alle procedure di valutazione del valore della piena indice $E(Q)$ e dell'espressione asintotica del fattore di crescita delle portate $KT(Q)$, in ottemperanza a quanto richiesto dall'Autorità di Bacino della Basilicata (PAI 2010).

Va, infine, evidenziato che i valori dei tempi di ritorno (TR) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono quelli che il PAI Basilicata definisce per la valutazione delle aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione.

In particolare, essi sono per le aree a:

1. Alta Probabilità di Inondazione (AP) TR = 30 anni.
2. Media Probabilità di Inondazione (MP) TR = 200 anni.



Consulenza: **Atech srl**

Proponente: **ITW SPINAZZOLA 2 srl**

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 turbine e relative opere di connessione da realizzarsi nel comune di Spinazzola

3. Bassa Probabilità di Inondazione (BP)

TR = 500 anni.



L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale". Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica. La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura. Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri che sono noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione dei bacini dell'arco ionico della Basilicata, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.



I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici dei compartimento di Catanzaro, Bari e Napoli del S.I.M.N, le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.

Le osservazioni pluviometriche, utilizzate per la regionalizzazione, interessano 55 stazioni pluviografiche ognuna delle quali presenta almeno 15 anni di funzionamento. Alcune stazioni sono situate all'esterno dei limiti di bacino allo scopo di migliorare le stime dei parametri areali relativi ai bacini idrografici. L'ubicazione delle stazioni all'interno della regione è mostrata nella figura seguente.



Figure 104 – Ubicazione delle stazioni pluviometriche considerate (da Claps e Straziuso, 1996).

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria ed



ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri θ^* e Λ^* . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 55 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri θ^* e Λ^* , osservando come si abbia, al primo livello di regionalizzazione, la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione, mentre al secondo livello si definiscono due sottozone omogenee nord (A) e sud-ovest (B) nelle quali risulta costante anche il valore del parametro Λ_1 .

Nella tabella a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio, mentre nella successiva figura si riporta la rappresentazione territoriale delle due aree di interesse.



	θ^*	Λ^*	Λ_1	η
Basilicata_ zona A	2.632	0.104	20.64	3.841
Basilicata_ zona B	2.632	0.104	55.23	4.825

Parametri del primo livello di regionalizzazione.

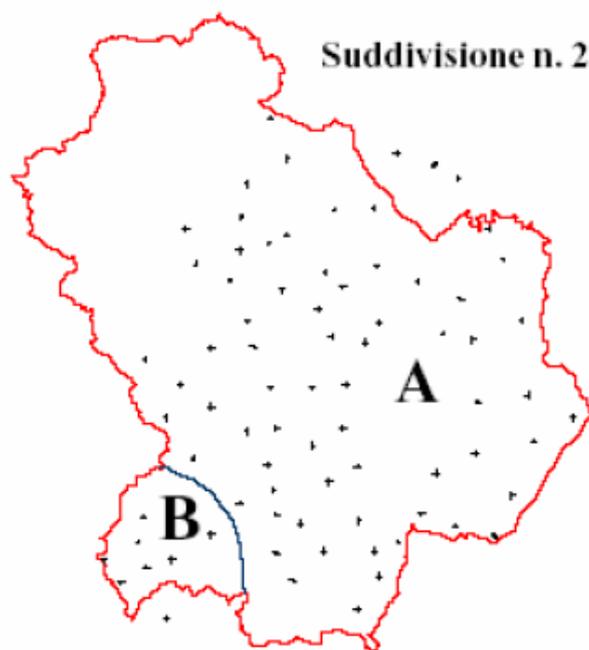


Figure 115 – Suddivisione in zone omogenee al II livello di regionalizzazione (VAPI, 1999).

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata $X_{d,T}$ viene espressa in funzione di una quantità K_T , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e indipendente dalla durata. Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno T ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T})}$$

avendo indicato con $X_{d,T}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.



La curva di distribuzione di probabilità del rapporto riportato in precedenza ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della X_d, T . Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T ed il fattore di crescita KT , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. L'espressione di seguito riportata, è quella indicata nel VAPI Basilicata. In realtà non viene fornita l'espressione diretta di KT in funzione di T , ma l'espressione inversa, nella forma:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k_T} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k_T / \theta_*})}$$

dove θ_* , Λ_* e Λ_1 sono i parametri di forma e di scala della TCEV che assieme al valore del parametro η , assumono i valori riassunti nella tabella riportata in precedenza.

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della relazione precedente in cui, fissato un tempo di ritorno T , si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita KT . Tale risultato tuttavia non è ricavabile immediatamente con la TCEV, per cui si può ricorrere ad espressioni approssimate che hanno la seguente forma:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T$$

Nel seguito si riportano i valori di KT ottenuti numericamente dalle equazioni precedenti per le due zone omogenee denominate rispettivamente A e B.

TR (ann)	5	10	25	30	50	100	200	500
K(T) Zona A	1.25	1.49	1.83	1.89	2.14	2.49	2.91	3.50
K(T) Zona B	1.10	1.20	1.34	1.36	1.46	1.61	1.78	2.02

Valori del fattore probabilistico di crescita (KT).



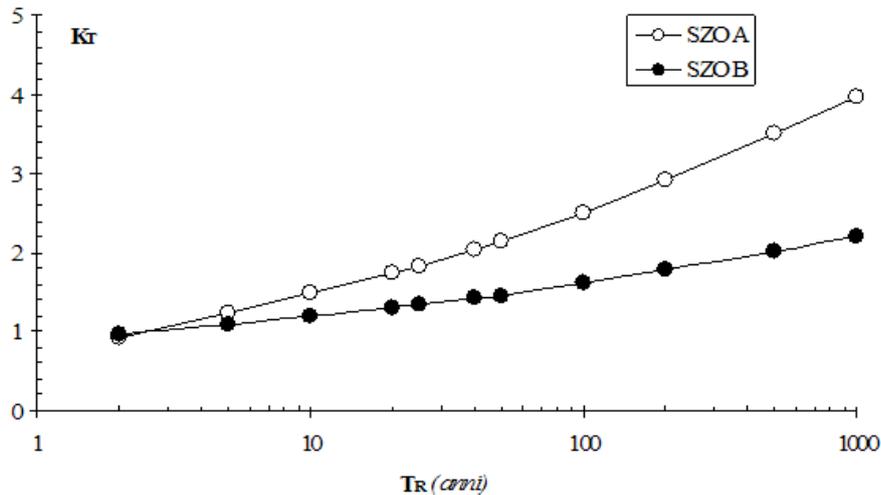


Figure 126 – Andamento del fattore probabilistico di crescita (VAPI, 1999).

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla valutazione di un parametro di posizione della distribuzione di probabilità (generalmente la media) in un generico sito o come valore caratteristico di un'area.

Nel caso specifico, l'analisi delle medie delle piogge brevi è stata valutata nell'identificazione delle isoiete alle diverse durate, utilizzando un metodo geostatistico, il kriging, in analogia a quanto proposto da altri autori (Franchini e Galeati, 1994 e Gabriele e Iritano, 1994). Tale metodo, a differenza di altri, consente di interpolare i dati tenendo conto della relazione fra la varianza campionaria e la varianza spaziale, secondo un approccio di tipo stocastico.

Attraverso l'analisi geostatistica dei dati osservati, è quindi possibile la stima delle grandezze utili alla valutazione delle curve di possibilità climatica, nella formulazione a due parametri $\mu(X_d) = a \cdot D^n$, che descrivono l'andamento con la durata delle altezze di precipitazione delle medie degli eventi massimi annuali.

I parametri ottenuti dalla procedura di interpolazione geostatistica su descritta, e in particolare la media delle precipitazioni massime di durata oraria a e l'esponente n , sono stati definiti sull'intero



territorio lucano attraverso una rappresentazione ad isolinee, che è riportata graficamente nelle successive figure.

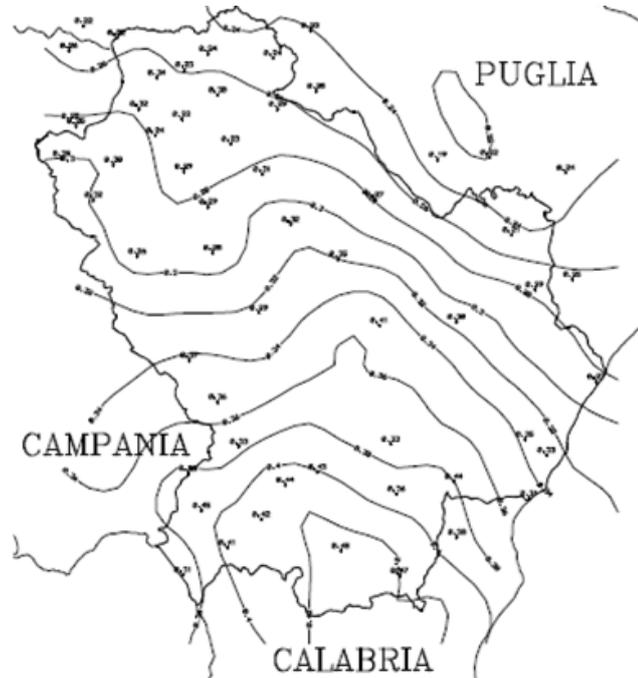


Figure 137 – Isolinee del coefficiente a (da Claps e Straziuso, 1996).



Figure 148 – Iso linee dell’esponente n (da Claps e Straziuso, 1996).

Una valutazione più precisa dei due parametri delle curve di possibilità climatica riferite ai valori medi areali delle precipitazioni massime osservate è disponibile nel rapporto VAPI Basilicata. In tale rapporto (Claps e Straziuso, 1996, VAPI Basilicata, 1999), attraverso una rappresentazione grafica a celle quadrate di lato pari a 10 Km, sono tabellati i valori medi del $\log(a)$ e di n . La suddivisione per celle utilizzata nel territorio lucano è riportata nella successiva figura.

Usando i valori medi di $\log(a)$ e di n relativi alle celle, si può ottenere l’espressione della legge di pioggia riferita ad un’area attraverso una media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l’area stessa.

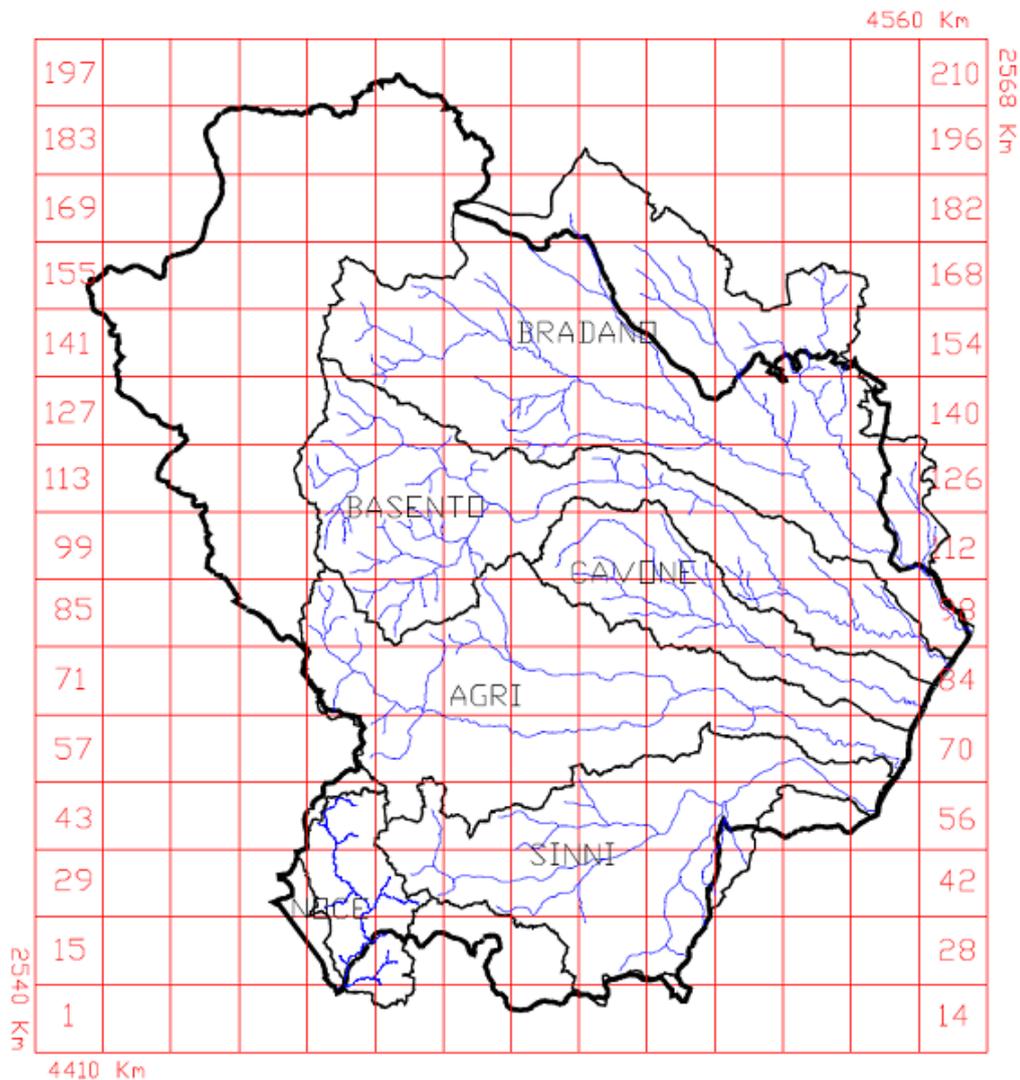


Figure 159 – Suddivisione della regione in celle di lato di 10 km (da Claps e Straziuso, 1996).

6.1. Curve di possibilità climatica

Lo studio idrologico condotto ha, quindi, consentito la determinazione delle curve di possibilità climatiche a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini oggetto del presente studio.



Le curve di possibilità climatica sono state definite utilizzando sia il VAPI Basilicata, attraverso le stime puntuali dei parametri a ed n riferiti alle stazioni pluviometriche (cfr. Figura 17), sia utilizzando il metodo statistico di Gumbel.

Stazione	a	n	Stazione	a	n
Acerenza	19.96	0.31	Monticchio Bagni	23.77	0.32
Altamura	27.25	0.22	Muro Lucano	22.91	0.32
Anzi	19.20	0.29	Nova Siri Scalo	32.40	0.31
Atella	24.06	0.24	Oriolo	29.14	0.38
Calitri	24.48	0.25	Palazzo San Gervasio	20.88	0.29
Castel Lagopesole	23.70	0.29	Pescopagano	24.59	0.35
Castelsaraceno	22.06	0.44	Picerno	20.97	0.26
Cogliandrino	24.68	0.42	Policoro	24.69	0.33
Diga Rendina	22.49	0.23	Potenza	22.51	0.28
Ferrandina	22.62	0.30	Recoleta	20.87	0.35
Forenza	26.29	0.23	Ripacandida	26.30	0.22
Ginosa	30.27	0.26	Rocchetta S. Antonio	26.13	0.22
Gravina in Puglia	34.16	0.19	Rocchetta S. A. scalo	25.58	0.22
Irsina	23.06	0.27	S. Arcangelo	20.50	0.33
Isca di Tramutola	18.99	0.36	S. Chirico Raparo	16.52	0.43
Lacedonia	26.23	0.26	S. Fele	22.42	0.30
Lagonegro	29.35	0.45	S. Mauro Forte	21.35	0.41
Lauria inferiore	32.43	0.41	S. Nicola di Avigliano	18.76	0.29
Lavello	24.68	0.24	S. Severino Lucano	20.15	0.45
Maratea	31.51	0.31	Santeramo in Colle	29.02	0.24
Marsico Nuovo	20.09	0.37	Senise	22.22	0.36
Matera	28.35	0.21	Spinazzola	24.62	0.25
Melfi	23.17	0.34	Terranova del Pollino	22.80	0.47
Metaponto	28.20	0.27	Tolve	19.62	0.32
Minervino	30.66	0.23	Tricarico	19.66	0.35
Moliterno	23.48	0.33	Valsinni	25.26	0.44
Montemilone	25.03	0.24	Venosa	21.49	0.30
Montescaglioso	26.77	0.29			

Figure 20 – Valore dei parametri puntuali della curva di possibilità climatica.

Quindi, dalla valutazione della tabella precedente, per ottenere i parametri a ed n per la costruzione delle curve di possibilità climatica, è stata utilizzata la stazione di **Palazzo San Gervasio**, in quanto più prossima all'intervento in oggetto. La curva di possibilità climatica ottenuta attraverso il VAPI Basilicata è la seguente:

$$x(h,t) = 20,88 * t^{0,29}$$



La curva su definita qualora moltiplicata per il valore del coefficiente probabilistico di crescita riferito alla zona A consente, quindi, la definizione delle curve di possibilità climatica riferite all'area di intervento al variare del tempo di ritorno dell'evento considerato.

- Con un tempo di ritorno $T_r = 30$ anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 39.463 * t^{0.29}$$

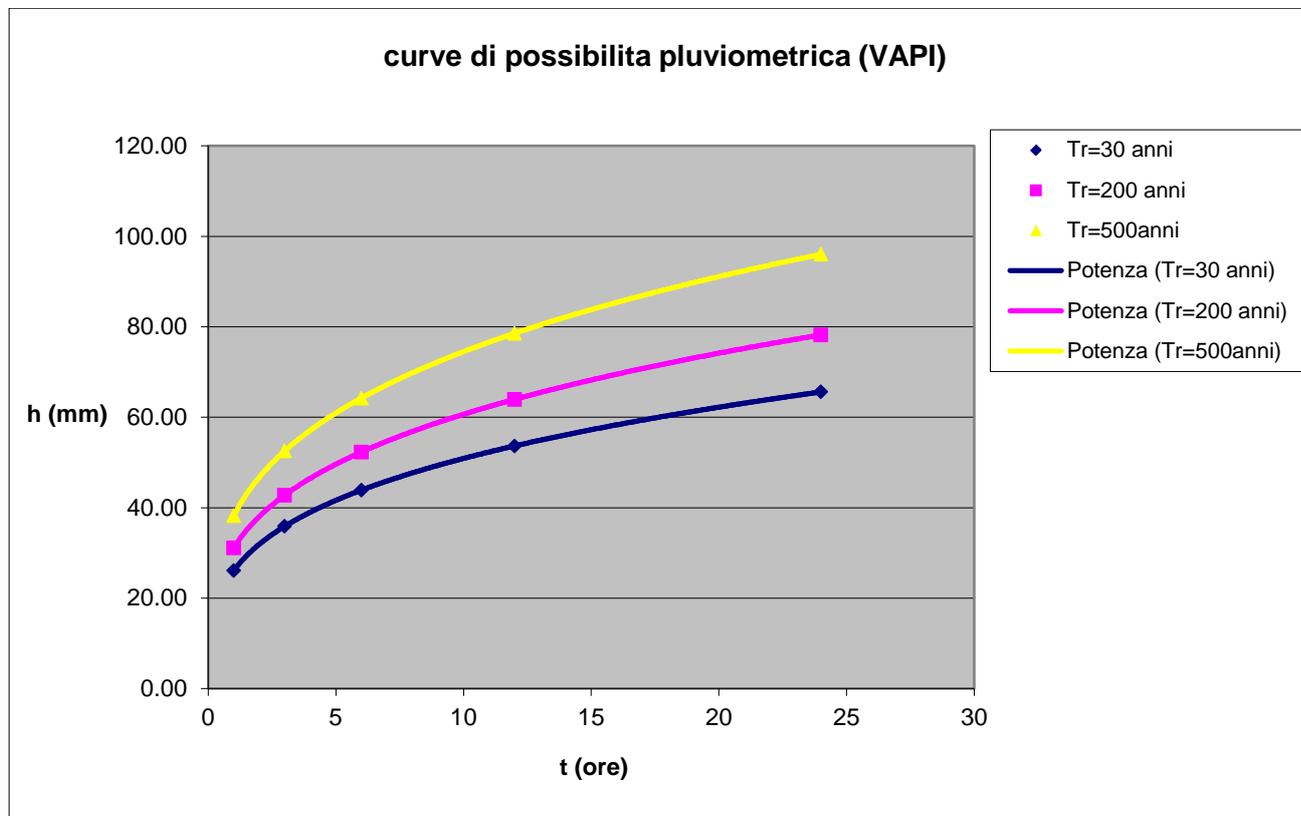
- Con un tempo di ritorno $T_r = 200$ anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 60.761 * t^{0.29}$$

- Con un tempo di ritorno $T_r = 500$ anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 73.080 * t^{0.29}$$





VAPI	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
Tr = 30 anni	39.463	54.270	66.352	81.125	99.187
Tr = 200 anni	60.761	83.558	102.162	124.907	152.716
Tr = 500 anni	73.080	100.499	122.875	150.232	183.679

7. ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica, necessaria al calcolo della portata di massima piena per i bacini individuati nell'area in questione, può essere condotta secondo vari metodi, tra i quali possono essere considerati:



- i metodi empirici, che si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica o idrometrica;
- i metodi semiempirici (utilizzati nel presente studio), che valutano la portata anche in funzione dell'altezza di pioggia;
- i metodi analitici, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi deflussi.

Il metodo da utilizzare dipende innanzitutto dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre, in quanto, se si affronta un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme, la portata massima può essere calcolata con metodi semplificati tipo il cinematico o razionale; quando la situazione morfologica ed idrografica diventa alquanto complessa, può rendersi indispensabile una verifica in moto vario e, di conseguenza, diventa necessario conoscere la forma dell'idrogramma di piena attraverso l'applicazione di metodi analitici.

In generale, nei casi di regolarità dell'asta fluviale e del bacino idrografico di pertinenza, è generalmente impiegato uno studio in moto permanente ricorrendo al metodo razionale per la determinazione della portata di massima piena.

7.1. Valutazione portate di piena in Puglia

La stima delle portate di piena è stata effettuata applicando metodi analitici di tipo semplificato, in grado di definire, su base geomorfologica, un parametro chiave nel processo di generazione dei deflussi di piena, quale il tempo di corrivazione del bacino (tc).

In particolare, è stato applicato, a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni), il metodo di razionale e il metodo del Curve Number (CN).

Metodo Razionale

Per la determinazione della massima piena temibile è stato utilizzato il metodo razionale, che rappresenta un metodo indiretto basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:



1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari ha:

$$Q = \frac{c * h * A * k}{t_c}$$

Q = portata di piena [m³/sec]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km²]

tc = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione tc: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo tc solo una parte del bacino contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Il tempo di corrivazione, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione di un bacino è generalmente definito come il tempo necessario alla goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso.



Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da Giandotti (1934), valida per bacini idrografici aventi superficie (A) variabile tra 170 e 70000 km², che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (6)$$

nella quale t_c è espresso in ore, A in km² mentre L, la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in km e H_m , altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, in metri sul livello del mare.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad (7)$$

nella quale t_c è espresso in ore e L in km. Il parametro i_a rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto una correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto $\frac{L}{\sqrt{i_a}}$. Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77} \quad (10)$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacini Idrografici, McGraw Hill, 2002), che integra tutti



i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

$$t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8} \quad (11)$$

nella quale t_c è espresso in minuti e L in metri.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento ai parametri geomorfologici del bacino di interesse, si sono ottenuti i seguenti risultati:

	P-C-W-K (h)	Giandotti (h)	Pezzoli (h)	Kirpich (h)
BACINO WGT02	0.359	0.937	0.297	0.243
BACINO SOTT.UTENTE	0.320	0.984	0.258	0.218

La valutazione successiva di stima della portata di piena di calcolo è stata eseguita facendo riferimento al tempo di corrivazione valutato dalla media tra le suddette relazioni, ad esclusione della formula di Giandotti, non adatta per bacini così poco estesi.

Il valore del tempo di corrivazione desunto dalla media è riportato nella tabella seguente:

	Tc (h)
BACINO WGT02	0.300
BACINO SOTT.UTENTE	0.265

Tabella 7 – Tempo di corrivazione.

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso ϕ , esso è stato stimato effettuando una media pesata dei valori stimati per le differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di tipo di terreno, dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo, sulla base dei valori



consigliati in letteratura; i pesi sono stati calcolati in funzione delle sotto aree sull'area totale del bacino individuato.

Tra le numerose indicazioni esistenti nella letteratura tecnico-scientifica per la valutazione del coefficiente di deflusso, sono stati utilizzati i valori indicati dal Manuale di Ingegneria Civile riportati nella tabella seguente:

Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Bosco
Molto permeabile: sabbia o ghiaia	0.20	0.15	0.30
Permeabile: limo	0.40	0.35	0.30
Poco permeabile: argilla o substrato roccioso	0.50	0.45	0.40
Tipologia urbanistica		ϕ	
Costruzioni dense		0.80	
Costruzioni Spaziate		0.60	
Aree con ampi cortili e giardini		0.50	
Zone a villini sparsi		0.30-0.40	
Giardini, prati e zone non edificabili né destinate a strade		0.20	
Parchi e boschi		0.05-0.10	

Effettuando una media pesata per i bacini di interesse si ottiene un **coefficiente di deflusso pari a 0,450**.

Applicando i valori precedenti nella formula razionale sono stati ottenuti i seguenti valori per le portate di piena:



L'applicazione della formulazione del Metodo Razionale è stata applicata al solo bacino ricadente nel territorio dell'AdB Puglia, in quanto, come vedremo in seguito, l'AdB Basilicata consiglia altre formulazioni nella sua metodologia VAPI.

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	45.078	0.234	0.300	33.997	113.422	4.538
200 anni	58.828	0.232	0.300	44.504	148.478	5.940
500 anni	65.428	0.231	0.300	49.549	165.308	6.613

Tabella 8 – Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino di interesse

Metodo del Curve Number

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number (*“Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method”*, detto comunemente *Curve Number*), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro S corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha $P > I_a$; fino all'istante in cui non si ha $P > I_a$ il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale I_a si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni



superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

S_0 è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.



Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 9 – Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	$0 < P < 50$
II (Umidità media)	$50 < P < 110$
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	$P > 110$

Tabella 10 – Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).



I valori del CN riportati nella tabella 3 si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN (II), relativo a AMC I, CN (I), ed in quello relativo a AMC III, CN (III).

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}} \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III)**, in quanto trattasi di aree non completamente urbanizzate.

Nel caso in esame, quindi, sono stati sovrapposti i bacini idrografici sulla carta di uso del suolo e sulla carta geologica e ricavate le superfici specifiche in base alla qualità colturale e tipo di suolo.

Il valore del CN è stato stimato effettuando una media pesata dei valori corrispondenti alle differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di uso del suolo e di tipo di suolo; i pesi sono stati calcolati in funzione delle aree delle singole parcelle sull'area totale del bacino individuato.

Per quanto riguarda la tipologia di terreno, è stato utilizzato, a vantaggio di sicurezza, il GRUPPO C (**Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione**).

Dalla media pesata in funzione della superficie sono stati ricavati i valori relativi al CN, riportati nella tabella seguente:

CN_{II}	78.00
CN_{III}	89.18

Tabella 11 – Calcolo del Curve Number per il bacino di interesse



Risulta evidente che i valori di CN risultino gli stessi per tutti i bacini, poiché come si può notare dalla carta di uso del suolo, tutti i bacini nella totalità della loro superficie, sono costituiti dallo stesso tipo di coltura.

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri S ed I_a a partire dalle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino e quindi la valutazione della pioggia netta.

Altro “tempo caratteristico” di un bacino è il “tempo di ritardo” t_L (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluvigramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto t_L/t_C è pari a 0.6 (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione).

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo Q_p (m^3/s) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in m^3 , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con t_b la durata dell'evento di piena.



Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso V in mm, il tempo t_a in ore, l'area A del bacino in Km², si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come " t_c " i risultati ottenuti in base al calcolo effettuato al paragrafo precedente (cioè tempo di corrivazione calcolato con il metodo Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich P-C-W-K, in quanto tale relazione è quella che meglio si adatta alle dimensioni dei bacini oggetto del presente studio).

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

T_R	P [mm]	P_{net}	T_L [h]	V [mm]	t_a [h]	Q_p [mc/s]
30 anni	41.560	18.927	0.232	18.927	0.382	3.299
200 anni	62.808	36.693	0.232	36.693	0.382	6.395
500 anni	73.070	45.815	0.232	45.815	0.382	7.985

Tabella 12 – Valori delle portate di piena con il metodo del CN del Bacino di interesse.



7.2. Valutazione portate di piena in Basilicata

La stima delle massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno riferite ai fossi naturali principali interferenti con il tracciato viario è stata condotta avvalendosi delle tecniche di regionalizzazione dei deflussi come disponibili nel succitato rapporto VAPI Basilicata.

Nel caso specifico, le stazioni considerate nell'analisi delle portate di piena sono 9 con un numero di dati sempre maggiore di 15. I dati utilizzati sono stati ottenuti da quelli originari disponibili presso il SIMN tramite regolarizzazione per mezzo di scale di deflusso di piena appositamente tarate, operazione che ha eliminato numerose incongruenze emerse dal confronto tra i dati di più stazioni relativamente agli stessi eventi (VAPI Basilicata, 1999).

Nel processo di regionalizzazione delle portate di piena, per la Basilicata, si sono ipotizzati validi i parametri θ^* e Λ^* già definiti a scala nazionale fatta eccezione per la Sardegna. I valori assunti sono:

$$\theta^* = 2.564$$

$$\Lambda^* = 0.350$$

Al secondo livello di regionalizzazione, l'analisi condotta facendo riferimento ad ogni singolo sito idrometrografico ha permesso la definizione la stima del parametro regionale Λ_1 della distribuzione TCEV (Two-Component Extreme Value, Rossi, Fiorentino & Versace, 1984). Tale stima, condotta adottando il criterio della massima verosimiglianza, è stata effettuata nell'ipotesi di vincolare la distribuzione TCEV al valore dei parametri θ^* e Λ^* già definiti a scala nazionale.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella che segue ed evidenziano, nella regione Basilicata, la presenza di tre sottozone omogenee rispetto al parametro Λ_1 .

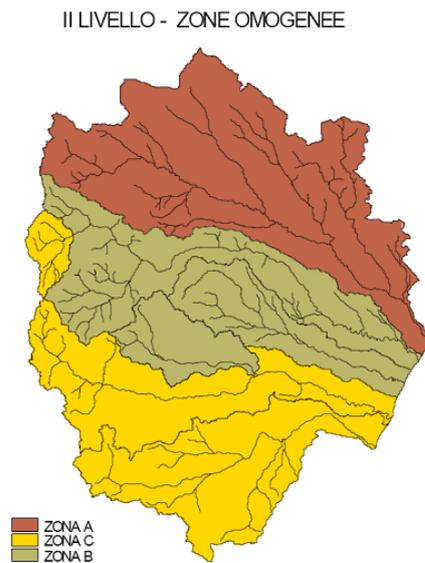
Sottozona	θ^*	Λ^*	Λ_1	η
Zona A	2.654	0.350	3.56	2.598
Zona B	2.654	0.350	7.30	3.316
Zona C	2.654	0.350	20.80	4.363



In particolare:

- la zona A si identifica con l'intero bacino del Bradano. L'area è caratterizzata da un alto valore di aridità se comparata con gli altri bacini regionali e questa peculiarità induce i bassi valori di $\Lambda 1$. Il più delle volte, il suolo che caratterizza tale bacino si presenta pressoché asciutto prima dell'occorrenza delle piene.
- la zona B comprende il medio e il basso bacino del Basento, le cui caratteristiche geomorfologiche e climatiche sono comparabili con quelle della sottozona A, anche se il numero di eventi di piena osservati è leggermente superiore.
- la zona C comprende l'Agri, il Sinni e l'alto bacino del Basento, ovvero la zona a nord di Potenza. In questa sottozona il numero di eventi di piena significativi è molto maggiore di quello che caratterizza le altre due sottozone.

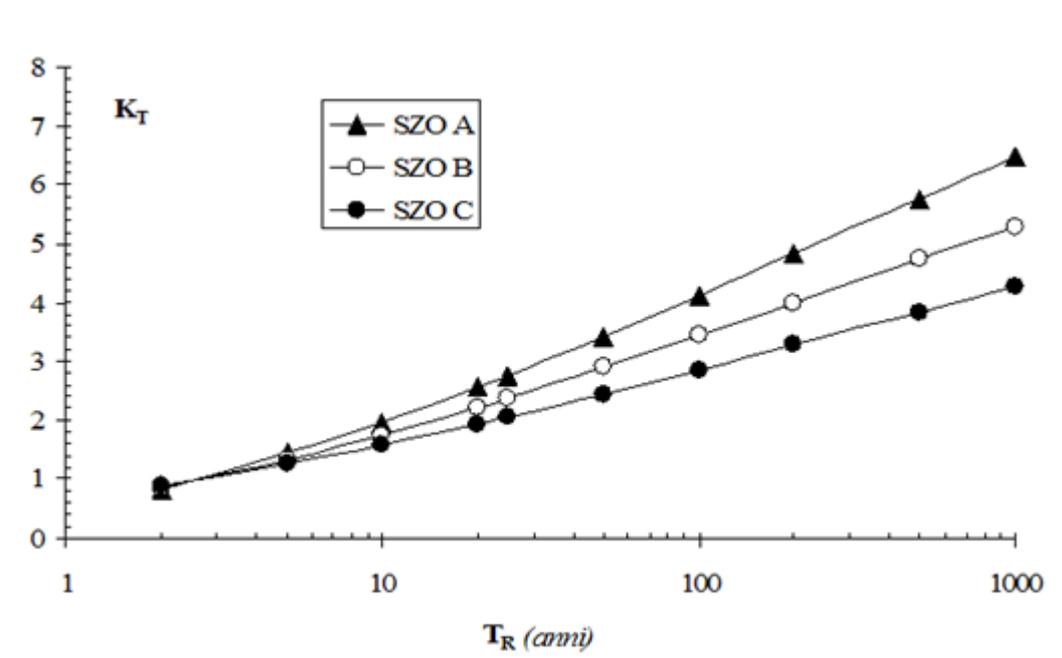
La rappresentazione cartografica delle tre sottozone al II livello di regionalizzazione è riportata qui di seguito:



Alla stregua di quanto già condotto in merito alle precipitazioni, è necessario al fine di valutare le portate di piena al variare del tempo di ritorno, stimare il valore assunto dal fattore probabilistico al variare dei parametri individuati nella stima dei due primi livelli di regionalizzazione. È quindi necessaria la definizione del fattore K_T o fattore probabilistico di crescita, i cui valori numerici, per le tre sottozone omogenee, sono riportati a seguire in funzione del periodo di ritorno T_R .

T_R (anni)	2	5	10	20	25	30	50	100	200	500	1000
K_T (SZO A)	0.81	1.44	1.96	2.55	2.76	2.89	3.43	3.12	4.83	5.76	6.47
K_T (SZO B)	0.85	1.34	1.75	2.21	2.38	2.48	2.90	3.45	4.00	4.73	5.29
K_T (SZO C)	0.89	1.26	1.57	1.92	2.05	2.13	2.45	2.86	3.28	3.84	4.26

Nella successiva figura, i valori di K_T su riportati sono rappresentati graficamente in funzione del tempo di ritorno dell'evento considerato.



La stima del valor medio della distribuzione dei massimi annuali delle portate al colmo di piena o piena indice $E(Q)$ in una generica sezione fluviale è stata condotta, nell'ambito degli studi condotti



per la redazione del VAPI Basilicata, con modelli empirici che relazionano tale valore all'estensione del bacino sotteso.

La ricerca di una relazione empirica che leghi il valore della piena indice $E(Q)$ all'area del bacino è il passo preliminare e fondamentale nell'ambito delle analisi condotte al terzo livello di regionalizzazione e, di solito, risulta ben definita da una relazione del tipo:

$$E(Q) = K_r m(Q)$$

dove $m(Q)$ è il valor medio della distribuzione del massimo annuale della portata al colmo di piena.

Gli studi condotti sui bacini lucani al fine di definire, al terzo livello di regionalizzazione delle piene, la relazione che lega la piena indice con l'area sottesa hanno evidenziato la presenza di due zone omogenee denominate rispettivamente Zona Omogenea 1 e Zona Omogenea 2 per le quali valgono le relazioni sotto riportate:

- **Area Omogenea 1 che comprende i bacini del Bradano, Basento, Cavone ed Agri**

$$m(Q) = 2.13 \cdot A^{0.766}$$

- **Area Omogenea 2 che comprende i bacini del Sinni, Lao e Noce**

$$m(Q) = 5.98 \cdot A^{0.645}$$

Si rileva che l'area di studio ricade nell'area omogenea 1 (bacino del Bradano).

L'applicazione delle relazioni descritte in precedenza ha, quindi, consentito la determinazione dei valori delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno (30, 200 e 500 anni) del bacino della sottostazione utente.

Q(m ³ /sec)	Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
	Tr = 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
Bacino Idrografico Sottostazione Utente	3.05	5.10	6.08



7.3. Considerazioni finali sulla portata di piena

Il confronto tra le due metodologie adottate per il bacino della turbina WGT02, ha evidenziato come le portate derivate utilizzando il metodo Curve Number (CN), per il bacino idrografico di interesse siano risultate, al variare del tempo di ritorno, quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo del metodo Razionale.

Si è scelto, pertanto, di utilizzare i valori derivanti dal presente studio idraulico con il metodo che fornisce i valori più alti di portata, per essere nelle condizioni a vantaggio di sicurezza per la portata duecentennale, indicata nella tabella seguente unitamente alle portate con $Tr = 30$ e 500 anni:

Q (m³/sec)	Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
	Tr= 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
BACINO WGT02	4.538	6.395	7.985
BACINO SOTT. UTENTE	3.05	5.10	6.08

Tabella 13 – Portate finali di calcolo dei bacini in esame



8. MODELLAZIONE IDRAULICA

Il tracciamento dei profili di corrente è stato condotto utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 3.1.3, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System. Questo software consente la simulazione di flussi idrici, nell'ipotesi di monodimensionalità della corrente, sia in moto permanente che in moto vario.

Il sistema comprende una interfaccia grafica, componenti separate per le analisi idrauliche dei due diversi tipi di moto, possibilità di analisi e memorizzazione dati, possibilità di esportazione e graficizzazione dei risultati.

Elemento chiave è che entrambi i tipi di simulazione citati usano una comune rappresentazione geometrica dei dati (l'alveo e le sue caratteristiche fisiche, geometriche ed idrauliche) e una comune routine di calcolo geometrico ed idraulico preliminare.

HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per una rete completa di canali naturali ed artificiali.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili di correnti lente, veloci ed anche miste quando richiesto o ritenuto opportuno automaticamente dal programma.

Il calcolo è stato svolto in condizioni di moto permanente utilizzando valori delle portate di piena, riportati in precedenza, corrispondenti a tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia per l'identificazione delle aree caratterizzate rispettivamente da alta (AP), media (MP) e bassa (BP) pericolosità idraulica.

Scabrezza di manning

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza n secondo Manning che è pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo.



Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Le condizioni al contorno si distinguono in condizioni al contorno di tipo esterno e condizioni al contorno di tipo interno, ove per condizioni esterne si intendono le altezze idriche da assegnare nella sezione di calcolo posta a valle e in tutte le sezioni iniziali poste a monte del reticolo idrografico, mentre per condizioni interne sono intese quelle relative alle sezioni di confluenza di due o più rami dello stesso reticolo.

Per le sezioni di monte e di valle dei tratti studiati si è fissata l'altezza di moto uniforme.

Sezioni di calcolo e profilo longitudinale

La realizzazione dei modelli degli affluenti in esame è stata effettuata avendo come base cartografica il **DTM della Regione Puglia e della Regione Basilicata**.

Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili sono stati ricavati due **modelli geometrici per i due bacini analizzati**, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo, formato da un numero di sezioni variabile (numerata progressivamente da monte verso valle).

Tutte le sezioni sono poste a distanza variabile, a seconda del diverso assetto morfologico dell'alveo. Definito il **modello geometrico dello stato di fatto**, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

Risultati delle simulazioni

Nel seguito, si riportano e si commentano i risultati dello studio idraulico, effettuato in condizioni di moto permanente, in riferimento alle aste modellate.

In particolare, sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

Tali verifiche hanno consentito, grazie all'ausilio del software HEC-RAS, di definire le caratteristiche proprie del deflusso e, in particolare, il massimo livello idrico raggiunto in ogni



sezione, oltre che la pendenza della linea dell'energia, la velocità media della corrente, la larghezza del pelo libero, il numero di Froude della corrente, ecc..

Tutte queste informazioni sono indicate sotto forma numerica nelle tabelle riassuntive seguenti, nelle quali, al variare del tempo di ritorno e per ognuna delle sezioni, sono riportati i **dati relativi ai principali parametri idraulici desunti dal calcolo al passaggio dell'onda di piena.**

Le sigle riportate sono relative a:

- a) **Q total= Portata totale espressa in m³/s;**
- b) **Min Ch El = Quote del fondo dell'alveo;**
- c) **W.S. Elev = Quota del pelo libero;**
- d) **Crit W.S. = Quota critica del pelo libero;**
- e) **E.G. Elev = Quota della linea dell'energia;**
- f) **E.G. Slope = Pendenza della linea dell'energia;**
- g) **Vel Chnl = Velocità media della corrente nell'alveo;**
- h) **Flow area = Area totale della sezione liquida effettiva;**
- i) **Top Width = Larghezza superficiale della sezione liquida;**
- j) **Froude = Numero di Froude dell'alveo.**

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti (cfr. tabelle seguenti).



River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
13	Tr=200 anni	6.39	325.00	325.12	325.12	325.17	0.019994	0.99	6.49	58.85	0.95
12	Tr=200 anni	6.39	324.00	324.13	324.13	324.18	0.019680	1.01	6.35	55.11	0.95
11	Tr=200 anni	6.39	323.00	323.12	323.12	323.17	0.020838	1.01	6.31	56.63	0.97
10	Tr=200 anni	6.39	322.00	322.14	322.13	322.19	0.018556	1.03	6.23	50.26	0.93
9	Tr=200 anni	6.39	321.00	321.11	321.11	321.16	0.022794	1.02	6.28	59.82	1.00
8	Tr=200 anni	6.39	319.00	319.31	319.39	319.56	0.047072	2.21	2.90	14.88	1.60
7	Tr=200 anni	6.39	317.08	317.63	317.63	317.77	0.016947	1.66	3.84	13.98	1.01
6	Tr=200 anni	6.39	316.00	316.38	316.43	316.58	0.035497	1.96	3.27	16.29	1.39
5	Tr=200 anni	6.39	314.36	314.74	314.78	314.91	0.031033	1.85	3.45	16.90	1.31
4	Tr=200 anni	6.39	313.65	314.01	314.03	314.10	0.015971	1.33	5.09	58.08	0.94
3	Tr=200 anni	6.39	312.00	312.15	312.24	312.46	0.097374	2.46	2.60	19.58	2.16
2	Tr=200 anni	6.39	310.61	310.98	310.98	311.08	0.018655	1.42	4.50	22.39	1.01
1	Tr=200 anni	6.39	308.04	308.30	308.46	308.92	0.171265	3.47	1.84	12.63	2.90
0	Tr=200 anni	6.39	304.00	304.24	304.24	304.34	0.017977	1.40	4.56	22.48	0.99

Parametri idraulici del calcolo in moto permanente- Bacino WGT02

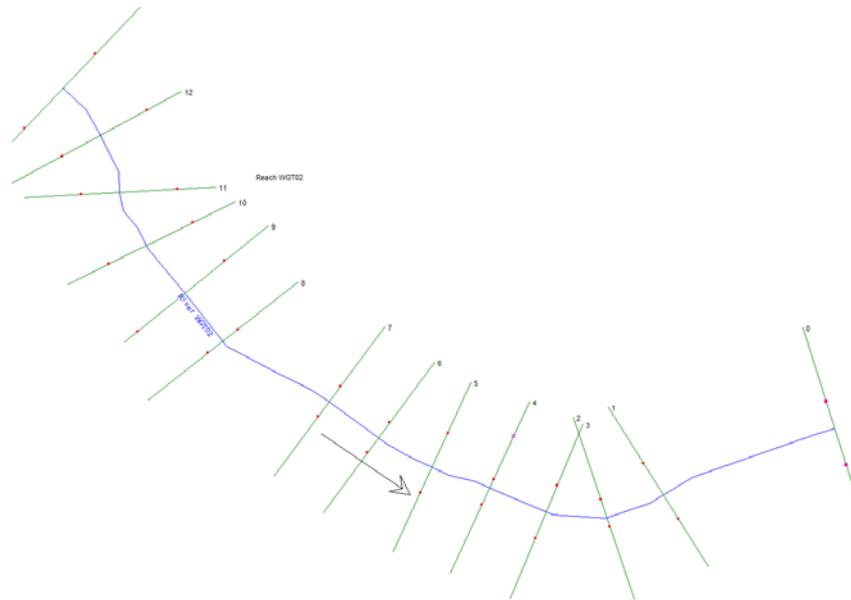
River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
20	Tr=200 anni	5.10	418.00	418.07	418.10	418.16	0.070100	1.34	3.80	55.66	1.64
19	Tr=200 anni	5.10	414.62	414.95	415.00	415.16	0.051650	2.21	2.76	22.63	1.65
18	Tr=200 anni	5.10	411.96	412.08	412.11	412.18	0.067805	1.43	3.56	45.97	1.64
17	Tr=200 anni	5.10	409.00	409.09	409.12	409.19	0.053107	1.38	3.68	41.70	1.49
16	Tr=200 anni	5.10	406.00	406.11	406.16	406.27	0.064383	1.74	2.93	27.13	1.69
15	Tr=200 anni	5.10	400.00	400.13	400.17	400.27	0.055877	1.68	3.03	26.68	1.59
14	Tr=200 anni	5.10	398.00	398.10	398.12	398.17	0.032195	1.16	4.41	44.83	1.18
13	Tr=200 anni	5.10	395.00	395.18	395.27	395.48	0.105298	2.42	2.11	17.21	2.21
12	Tr=200 anni	5.10	392.17	392.75	392.82	392.99	0.028699	2.18	2.34	8.41	1.32
11	Tr=200 anni	5.10	390.02	390.46	390.59	390.87	0.066785	2.85	1.79	8.13	1.94
10	Tr=200 anni	5.10	388.47	388.99	389.05	389.12	0.019965	1.57	3.24	15.70	1.06
9	Tr=200 anni	5.10	385.99	386.53	386.73	387.23	0.088437	3.71	1.38	5.10	2.28
8	Tr=200 anni	5.10	384.36	385.02	385.06	385.23	0.020134	2.04	2.50	7.55	1.13
7	Tr=200 anni	5.10	383.00	383.09	383.14	383.28	0.105205	1.92	2.65	30.69	2.09
6	Tr=200 anni	5.10	381.35	381.95	381.95	382.09	0.013877	1.66	3.15	12.45	0.94
5	Tr=200 anni	5.10	379.91	380.09	380.19	380.45	0.142776	2.67	1.91	16.99	2.54
4	Tr=200 anni	5.10	377.82	378.07	378.07	378.11	0.023934	0.93	5.46	61.41	1.00
3	Tr=200 anni	5.10	375.27	375.70	375.85	376.14	0.072479	2.93	1.74	8.01	2.01
2	Tr=200 anni	5.10	373.06	373.62	373.70	373.88	0.029747	2.24	2.28	8.02	1.34
1	Tr=200 anni	5.10	371.13	371.55	371.66	371.90	0.054848	2.60	1.96	8.76	1.76
0	Tr=200 anni	5.10	370.00	370.42	370.42	370.56	0.016528	1.62	3.15	11.68	1.00

Parametri idraulici del calcolo in moto permanente-Bacino Sottostazione Utente



Si specifica che le sezioni sono numerate in modo decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali, il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.



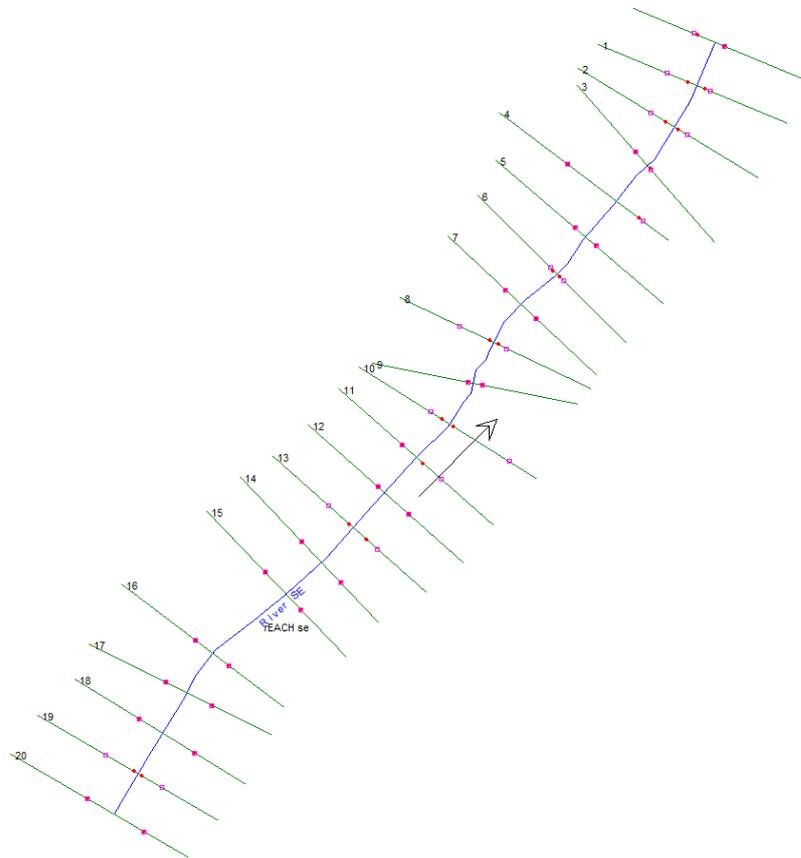
Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras-Bacino WGT02

Consulenza: **Atech srl**

Proponente: **ITW SPINAZZOLA 2 srl**

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 turbine e relative opere di connessione da realizzarsi nel comune di Spinazzola



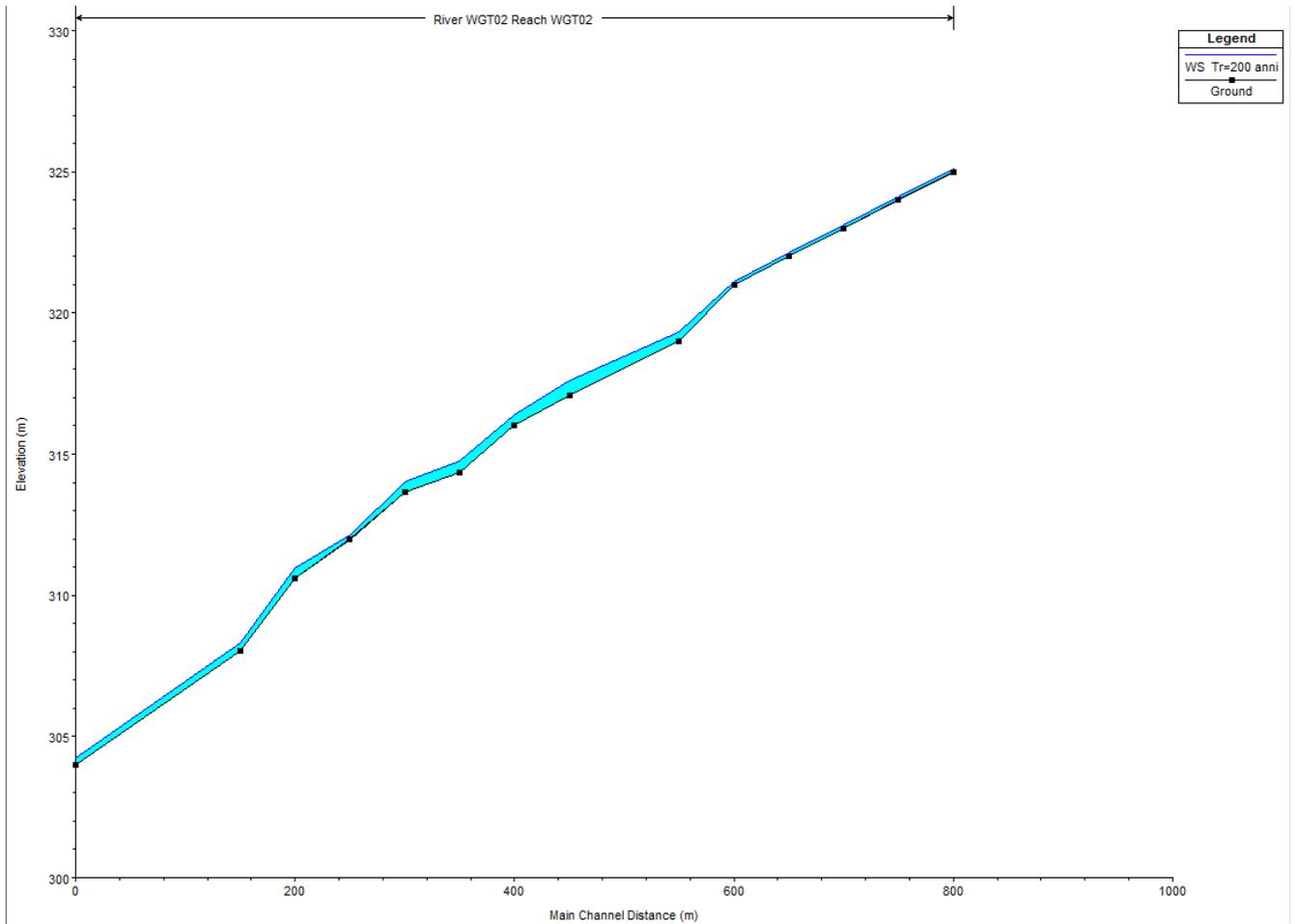
Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras-Bacino Sottostazione Utente



Elaborato: **Studio di Compatibilità Idrologica-Idraulica**

Rev. 0 – Dicembre 2019

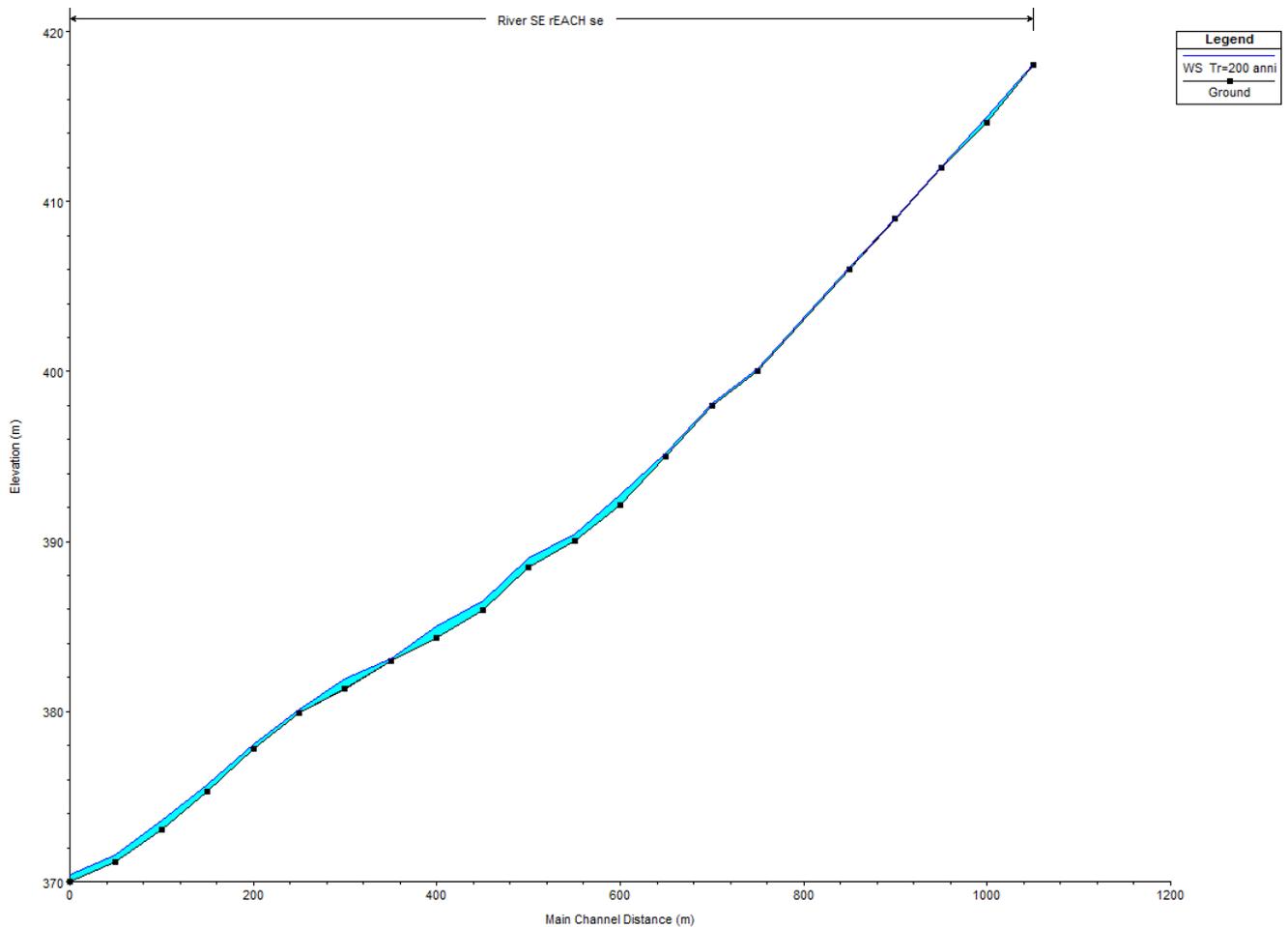
Pagina 79 di 85



Profilo longitudinale di moto permanente-Bacino WGT02

(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr= 200$ anni)



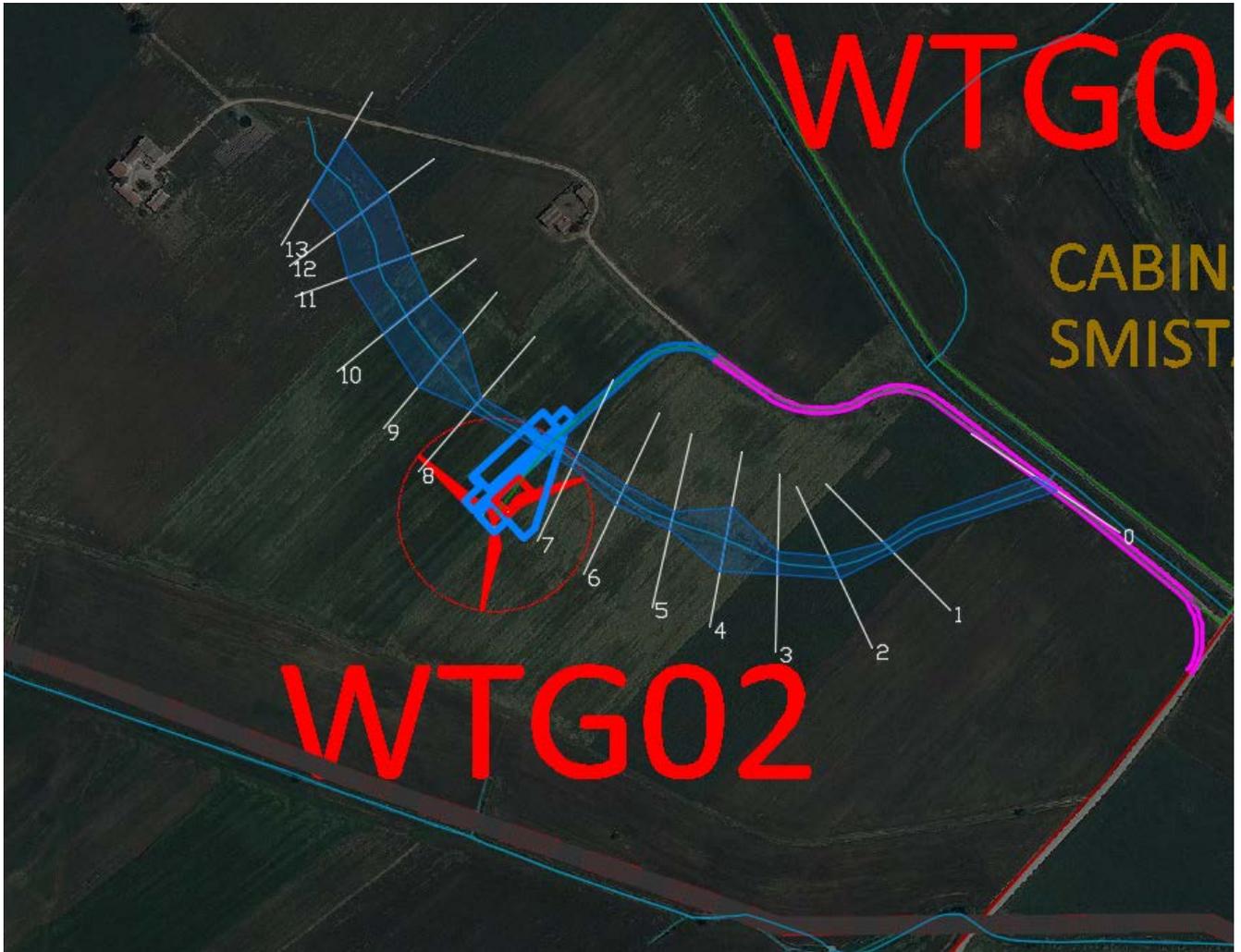


Profilo longitudinale di moto permanente-Bacino Sottostazione Utente

(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr=200$ anni)

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria, quasi sempre contenuta in alveo o nelle sue aree golenali.





Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali-Bacino WGT02.



Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali-Bacino Sottostazione Utente.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione. **Si riportano, in allegato per entrambi i bacini, le sezioni derivanti dal software Hec-Ras con indicazione dei tiranti idrici duecentennali.**

Come è possibile notare, gli interventi di progetto risultano essere esterni alle aree inondabili duecentennali, e pertanto compatibili con le finalità e le prescrizioni del PAI.

9. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati condotti con il presente studio, con il quale sono stati determinati i profili di moto permanente al variare del tempo di ritorno, si è potuto evincere che sia gli aerogeneratori (comprese opere accessorie quali cabina elettrica e piazzola) che le nuove opere stradali risultano esterne alle aree inondabili duecentennali.

Si può, pertanto, asserire che la realizzazione delle torri e delle opere accessorie, non comportano alcuna modifica al perimetro delle aree inondabili, e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

Relativamente alle intersezioni del tracciato del cavidotto con il reticolo idrografico, **si può asserire che la realizzazione mediante la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), che prevede una posa del cavo ad una profondità di 2 m dal fondo alveo, o mediante lo staffaggio su ponte su lato valle, non comporta alcuna modifica alla morfologia del reticolo idrografico, garantendo allo stesso tempo un ampio margine di sicurezza idraulica, sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.**

Nella condizione dello stato di progetto si è potuto desumere che le opere di adeguamento non comportano alcuna modifica della morfologia dell'alveo e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

Pertanto, gli interventi di progetto risultano essere compatibili con le finalità e le prescrizioni del PAI.



Consulenza: **Atech srl**

Proponente: **ITW SPINAZZOLA 2 srl**

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 turbine e relative opere di connessione da realizzarsi nel comune di Spinazzola

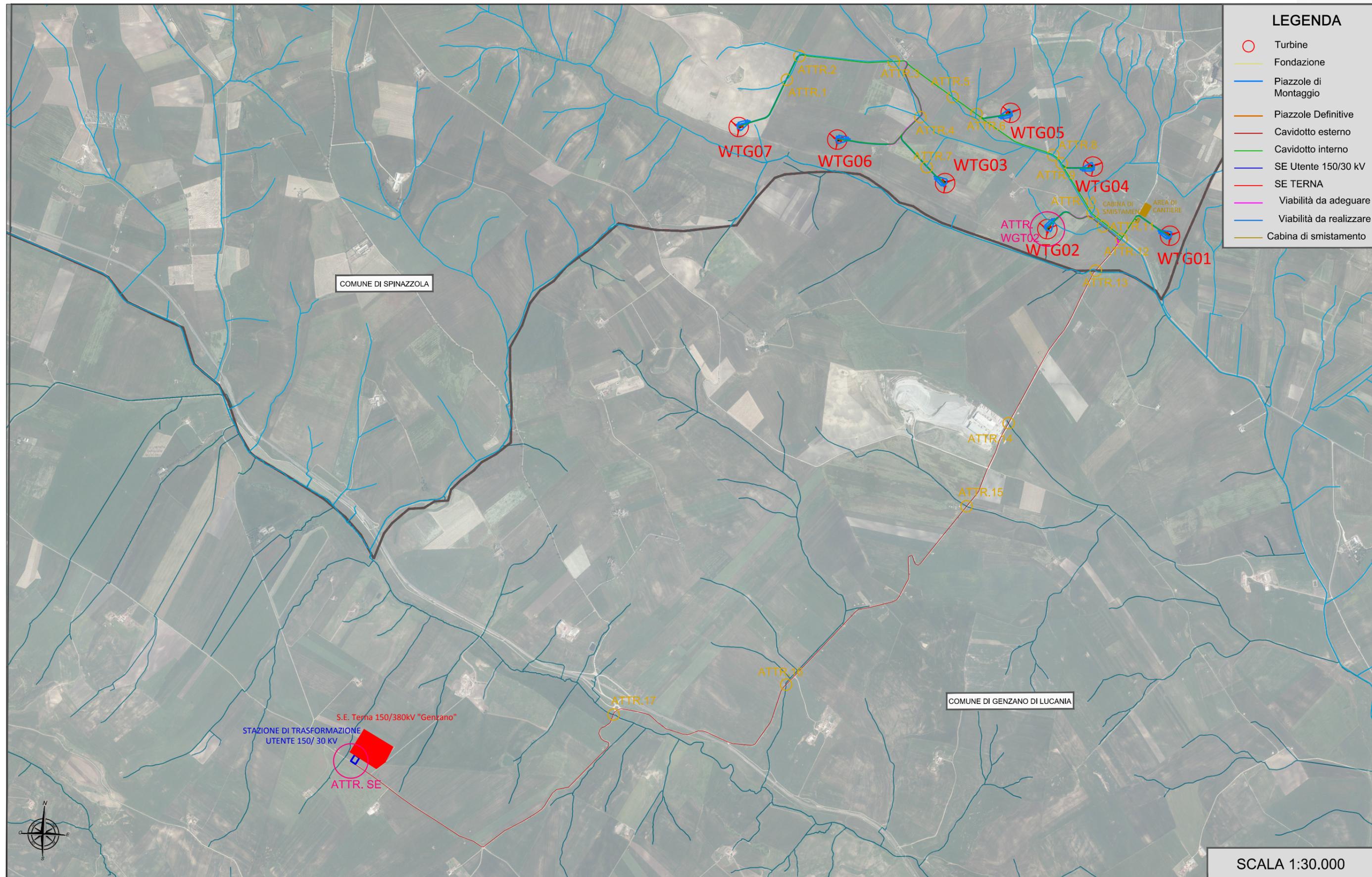
10. ALLEGATI

ALLEGATO 1 – Individuazione degli attraversamenti su Ortofoto

ALLEGATO 2 – Individuazione dei Bacini Idrografici Sottostazione elettrica e WGT02 su CTR

Quaderno delle sezioni

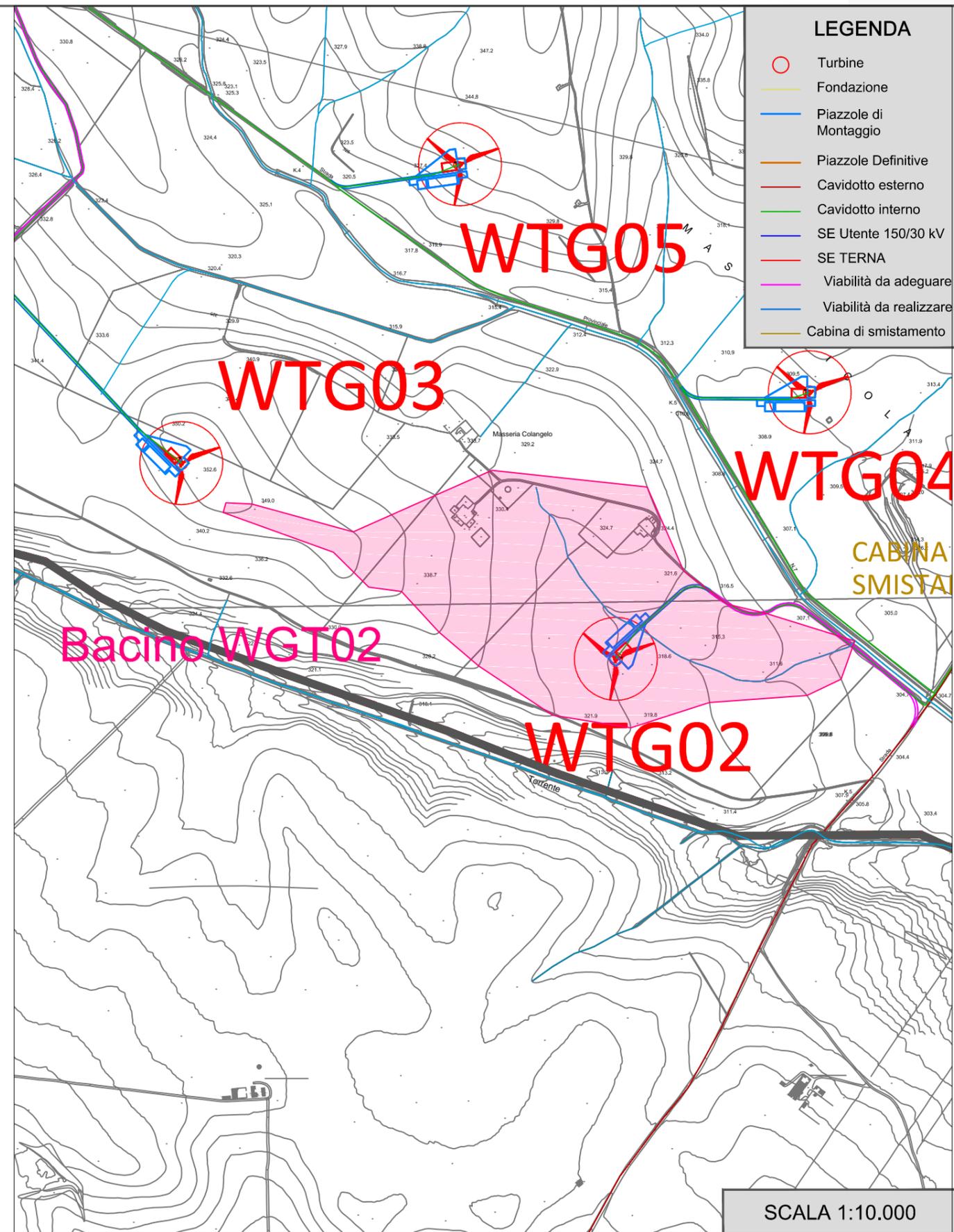
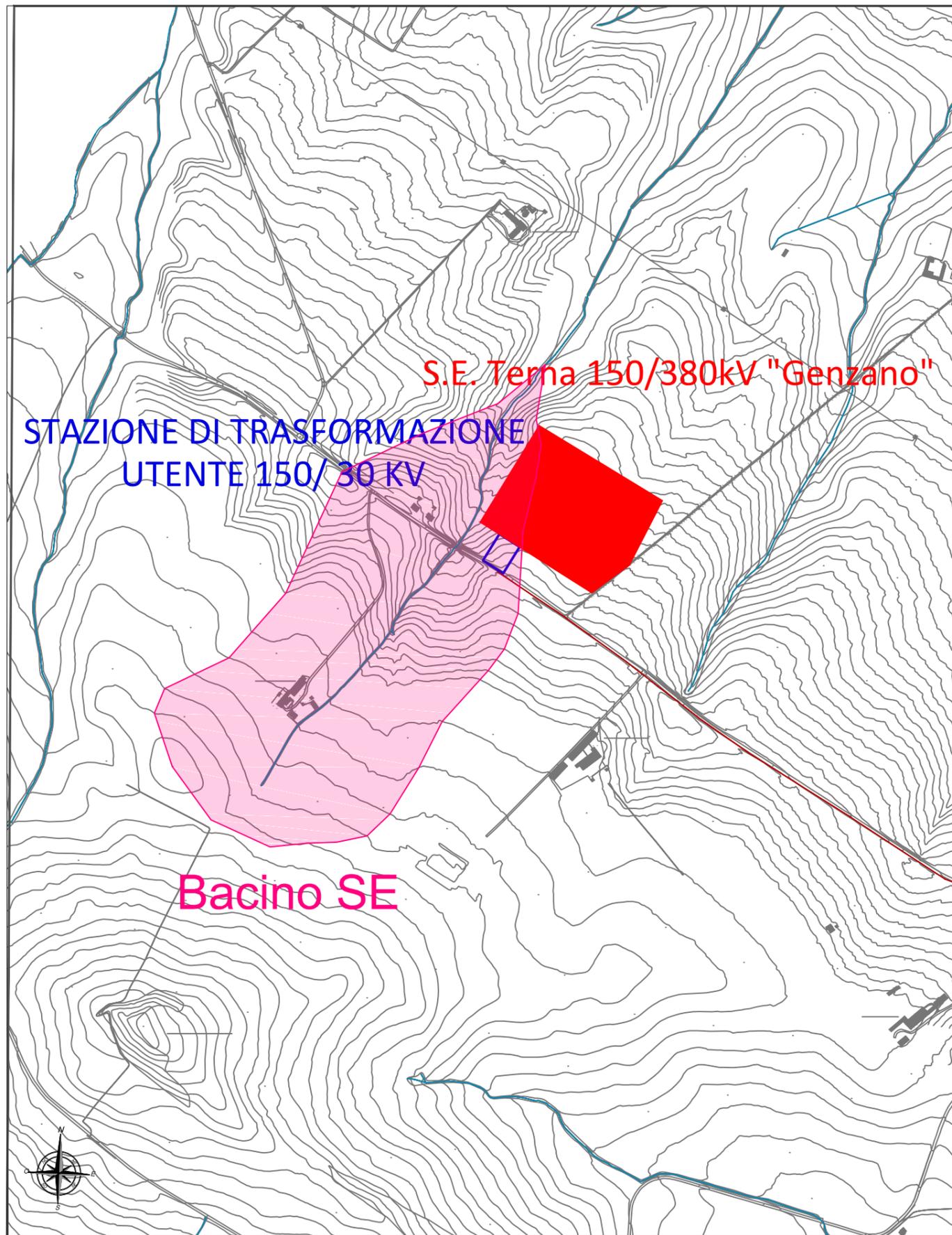




PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
 COSTITUITO DA 7 TURBINE AVENTI UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 45 MW
 E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI
 NEL COMUNE DI SPINAZZOLA

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA IDRAULICA
 Individuazione degli attraversamenti su ortofoto

ALL 01

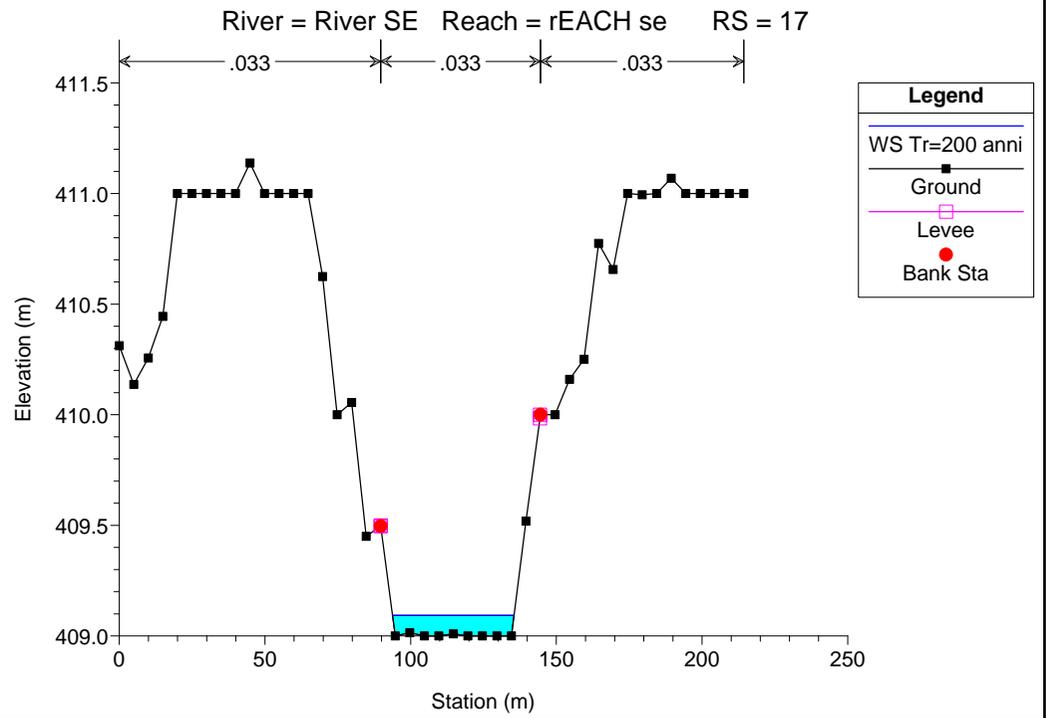
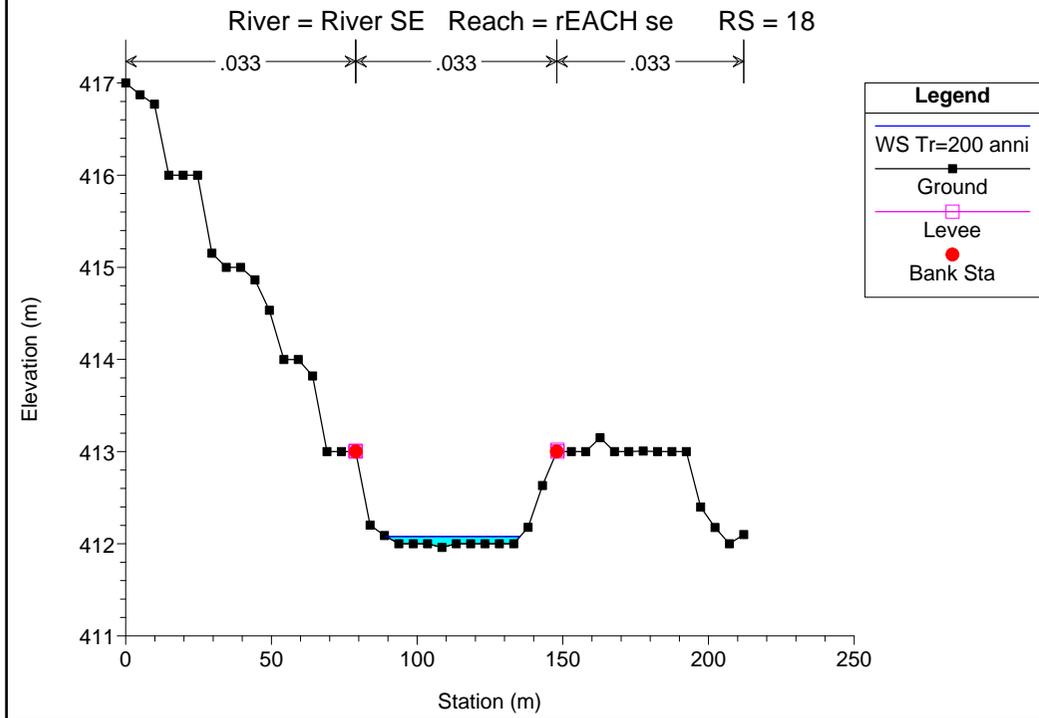
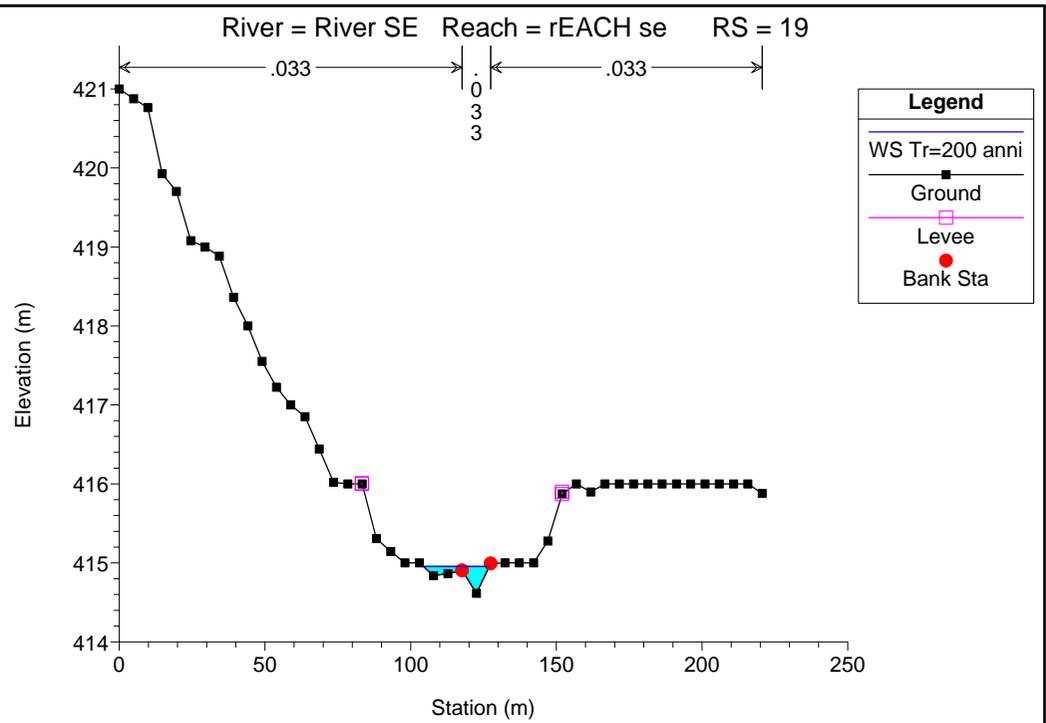
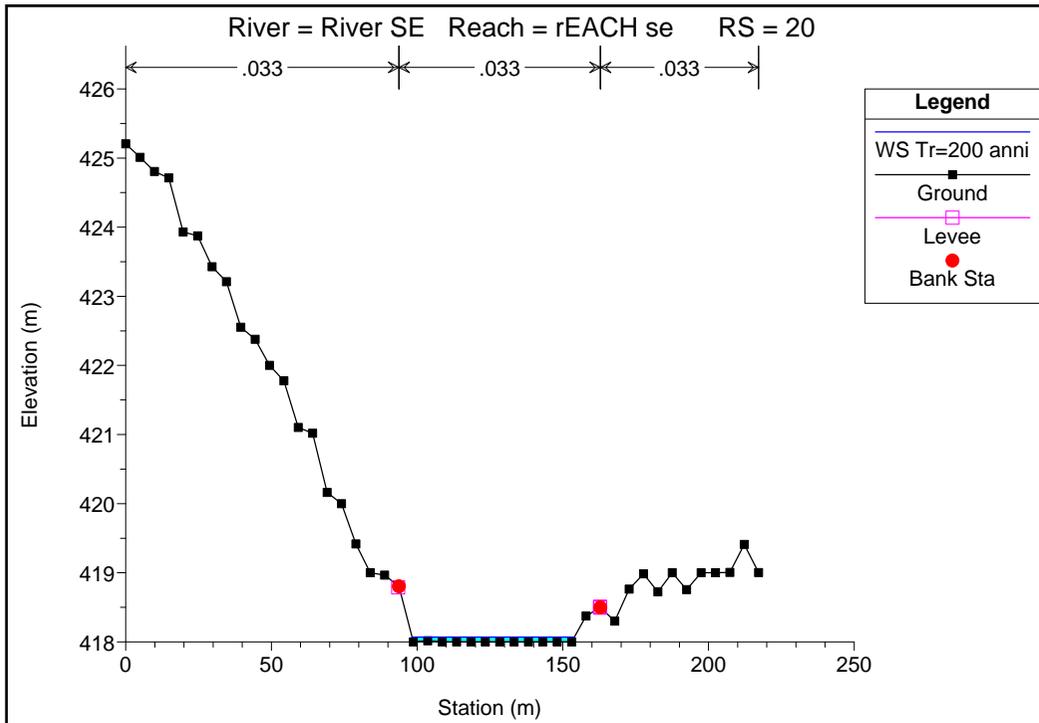


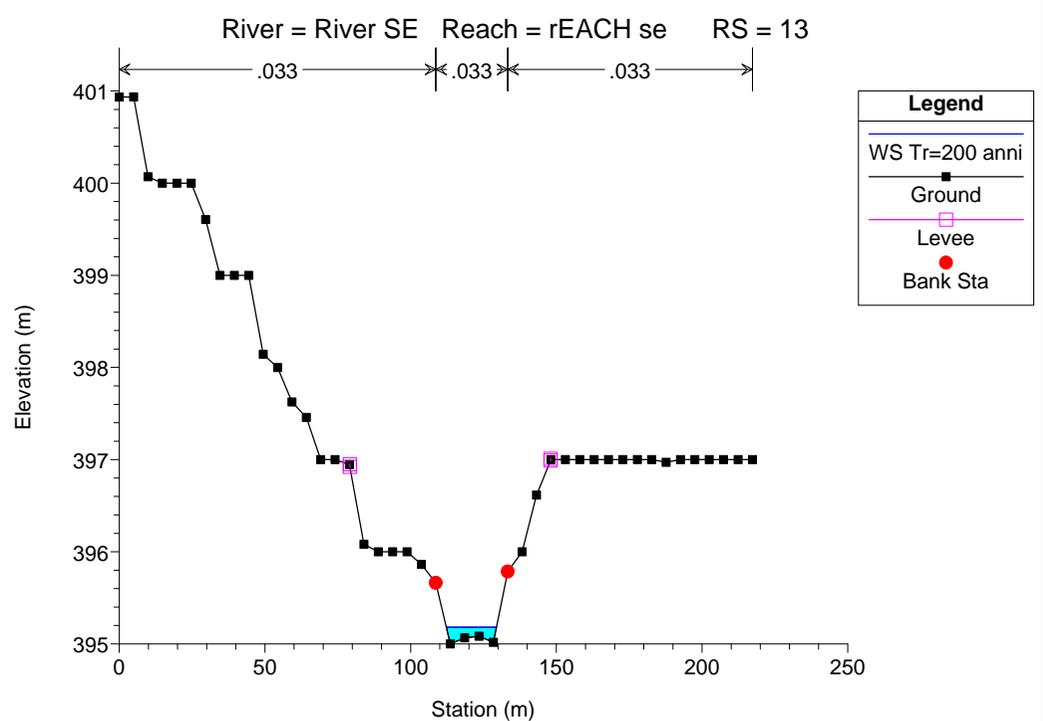
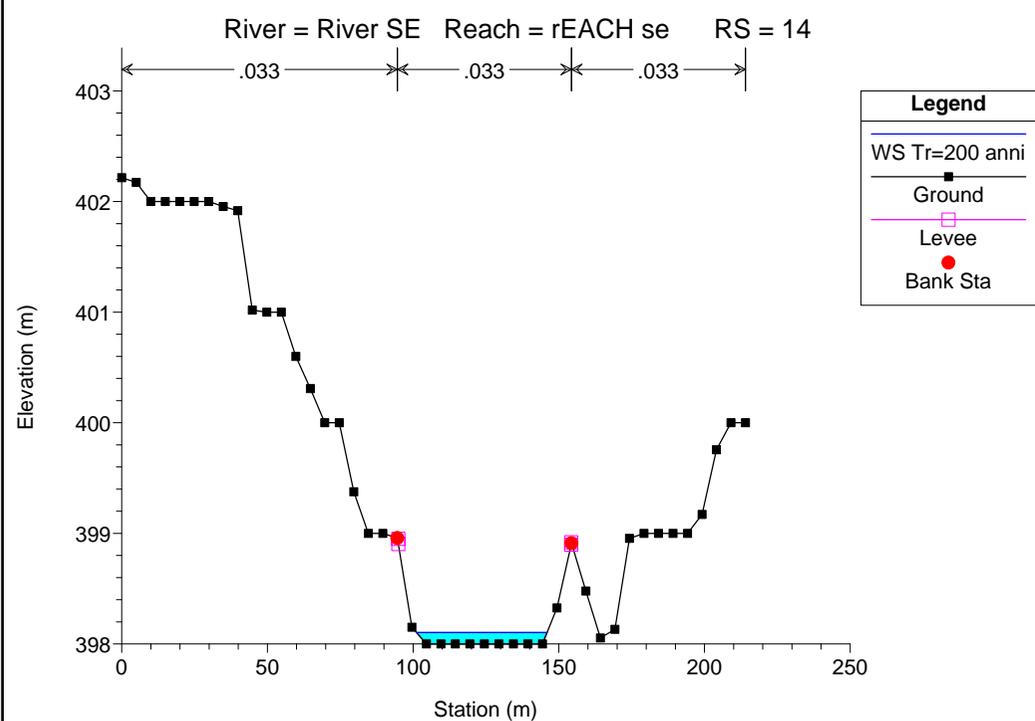
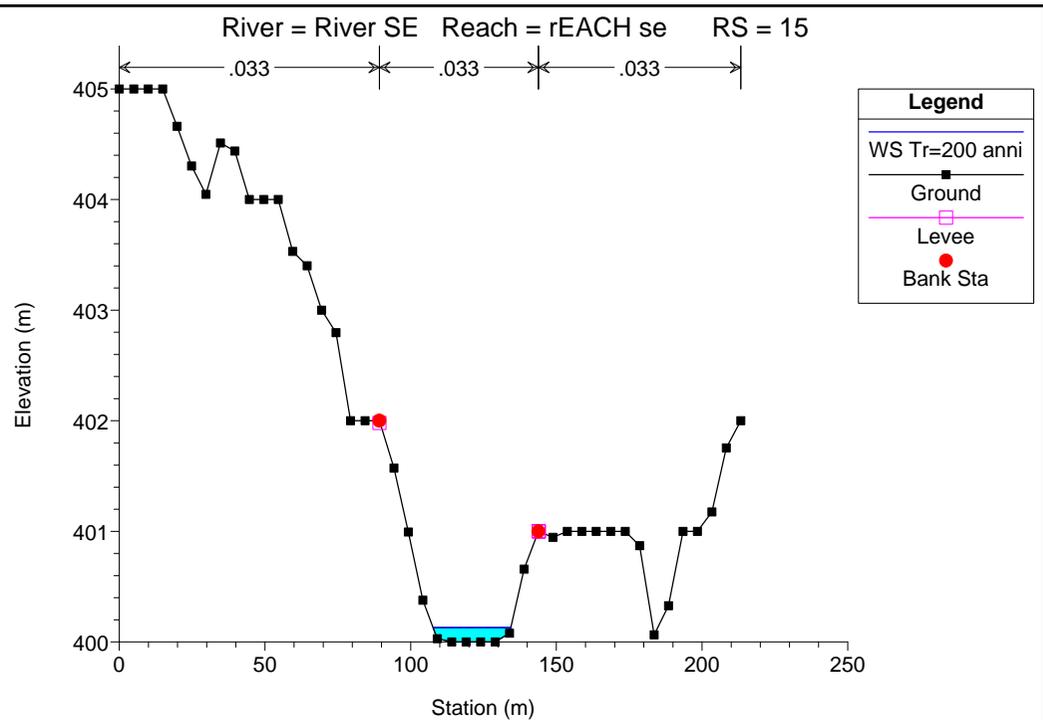
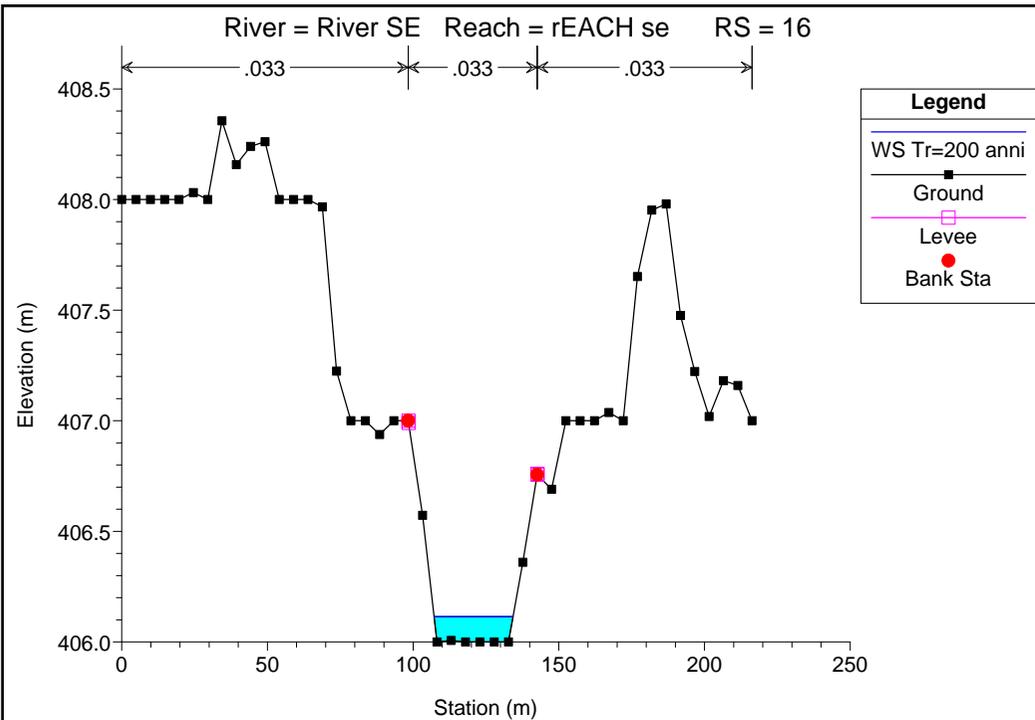
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
COSTITUITO DA 7 TURBINE AVENTI UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 45 MW
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI
NEL COMUNE DI SPINAZZOLA

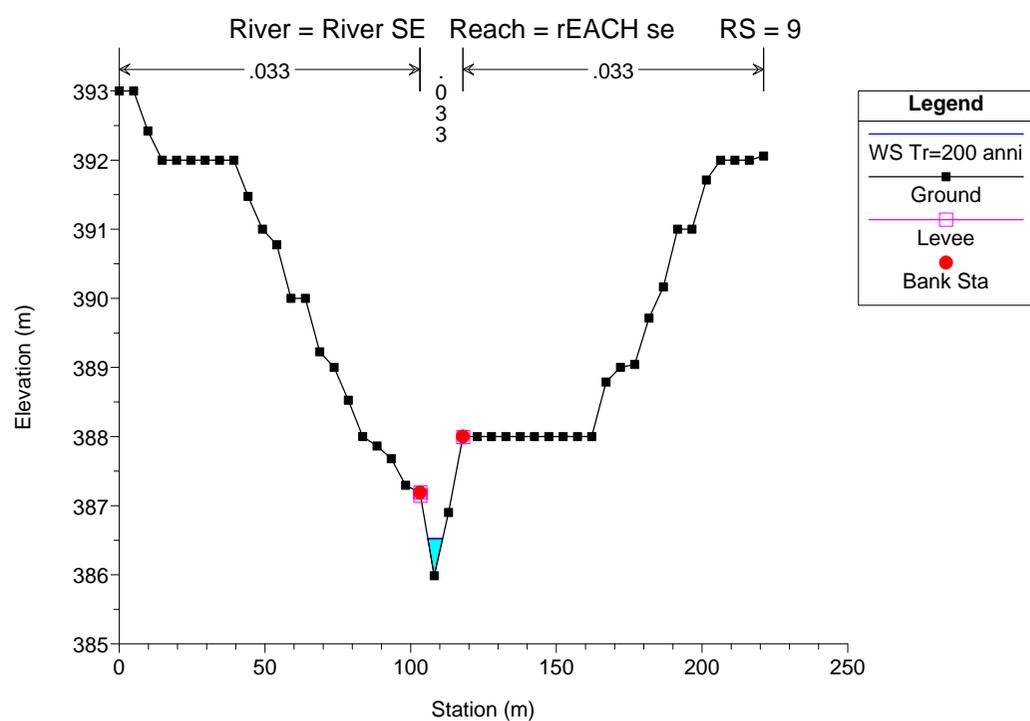
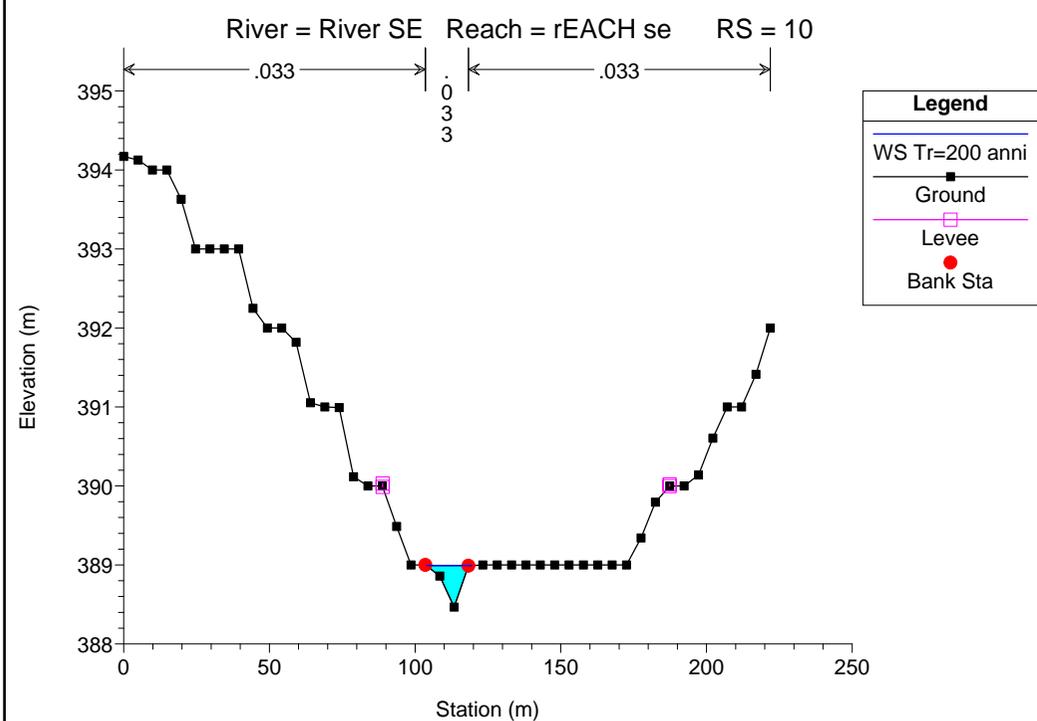
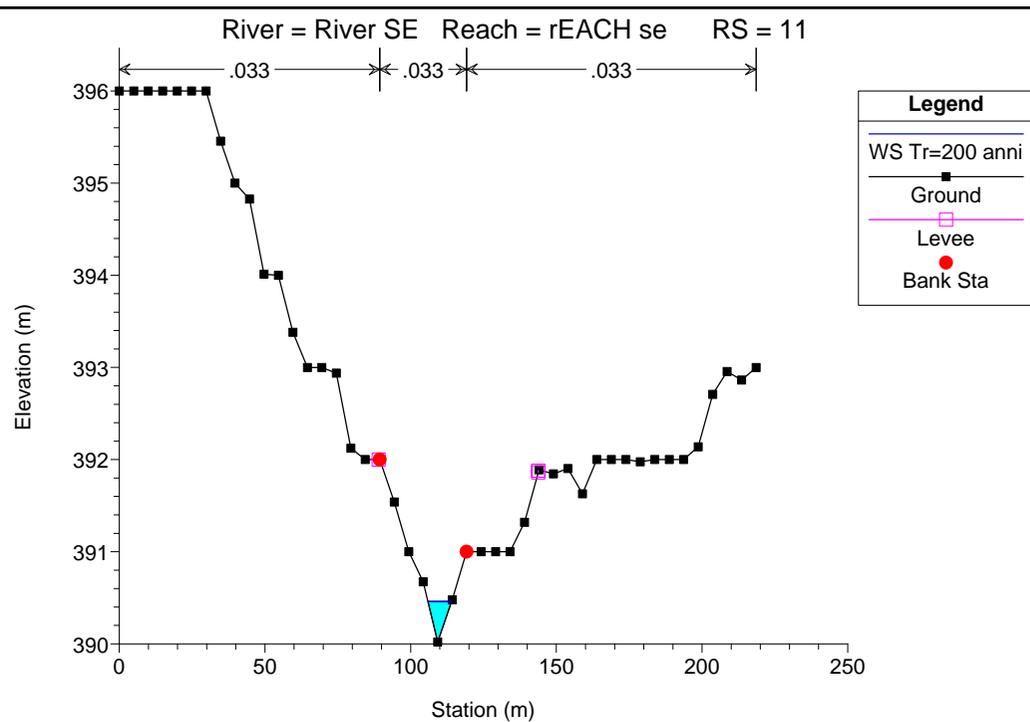
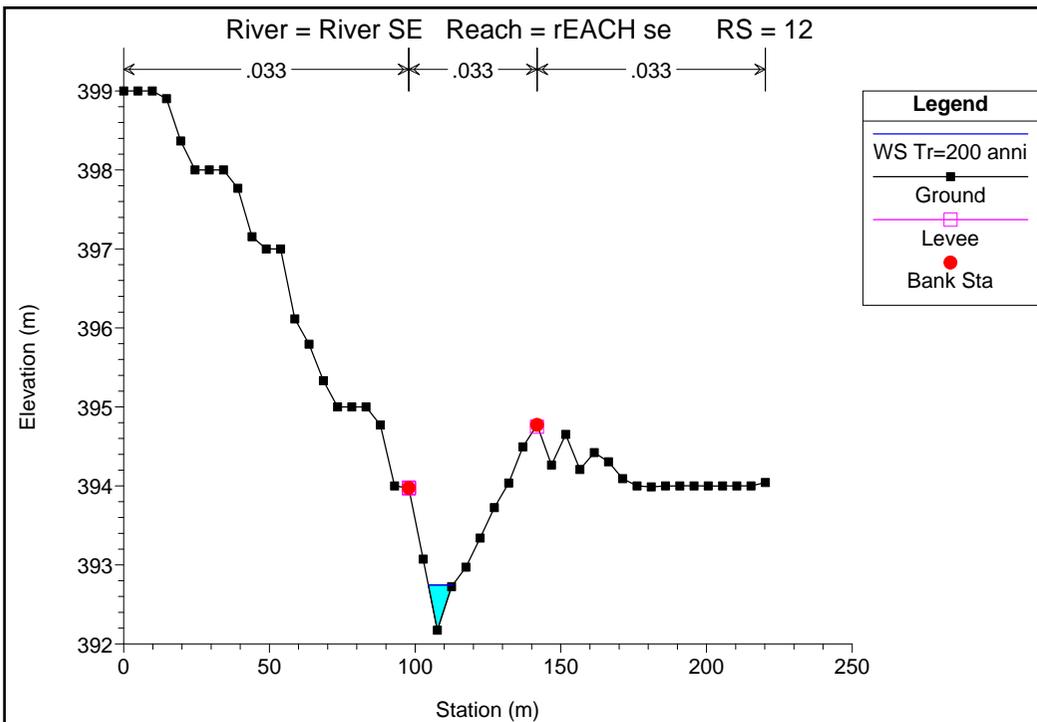
STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA IDRAULICA
Individuazione dei Bacini Idrografici Sottostazione elettrica
e WGT02 su CTR

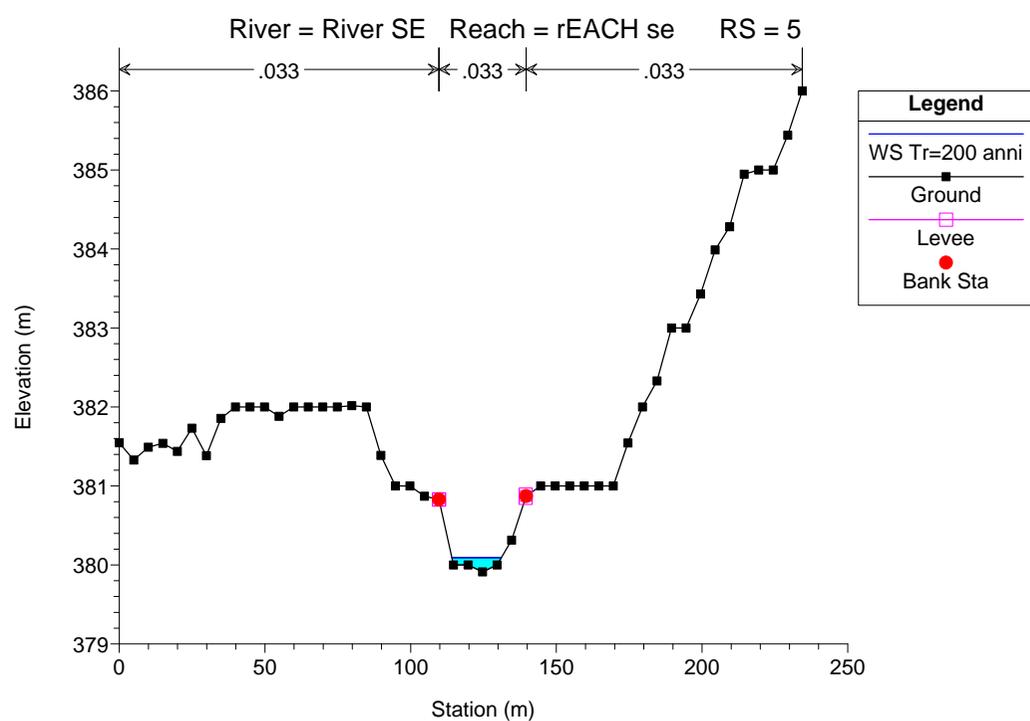
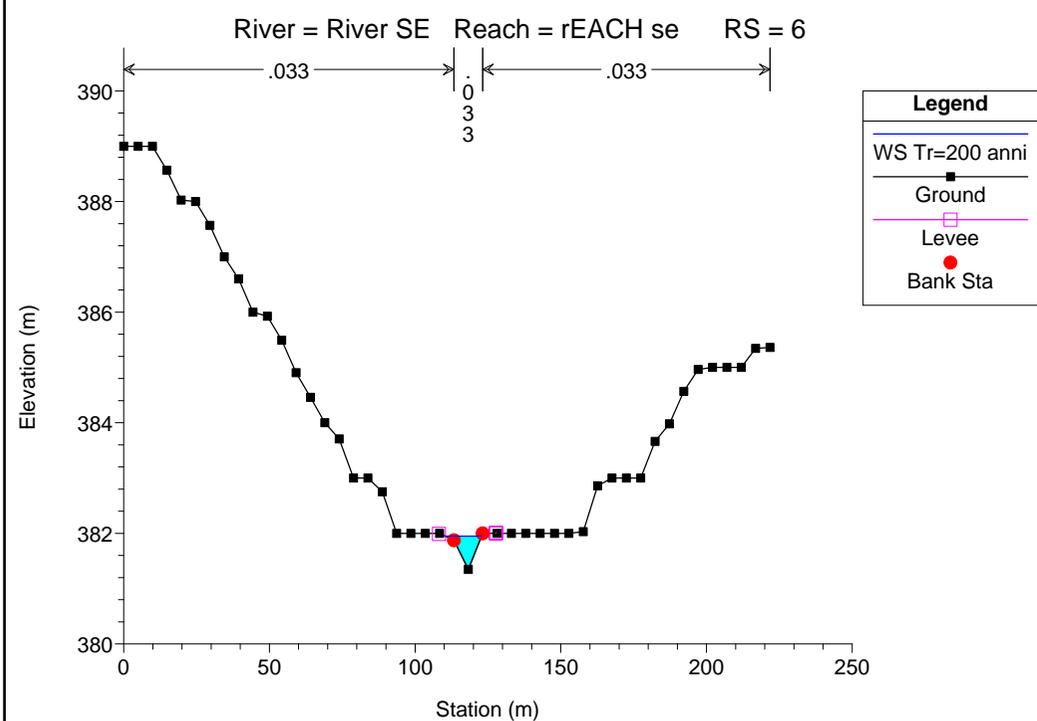
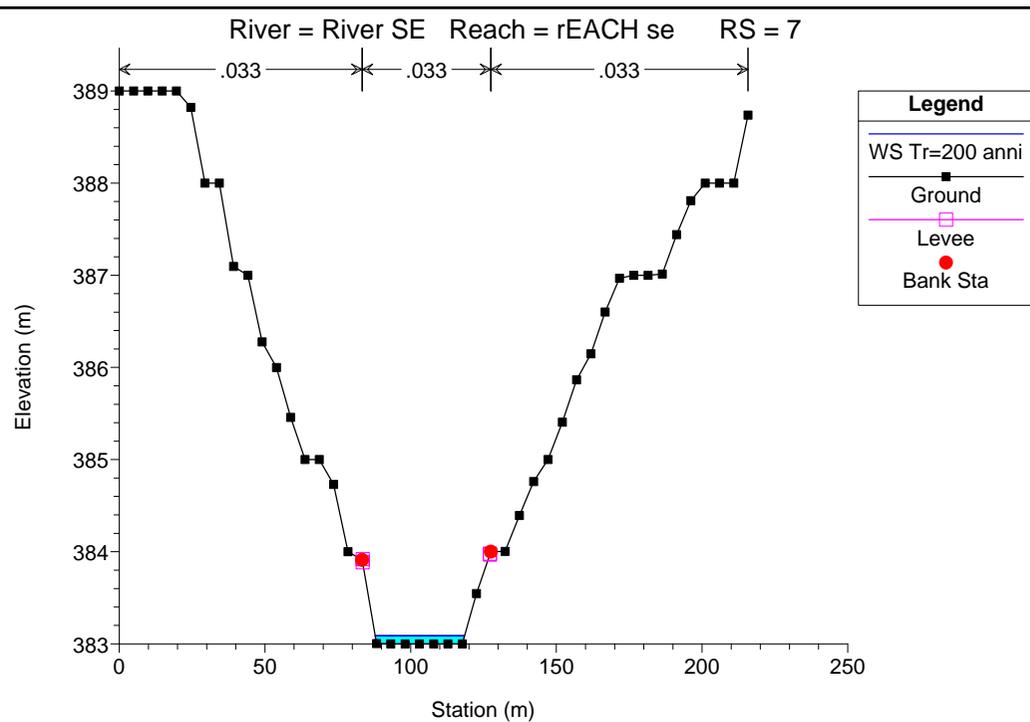
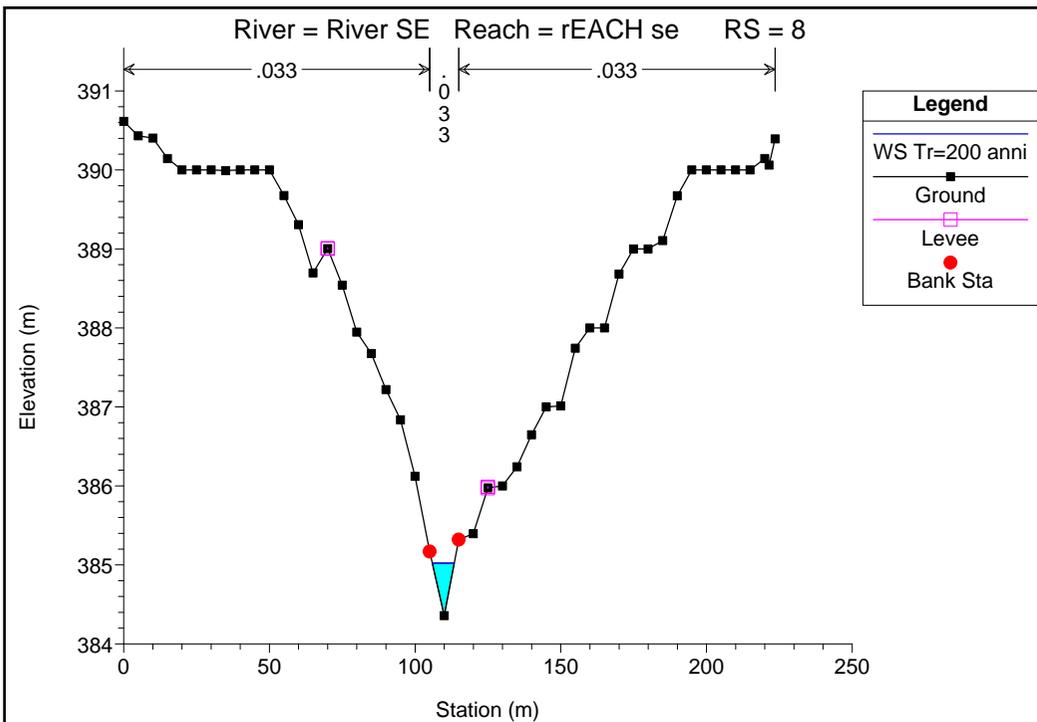
ALL 02

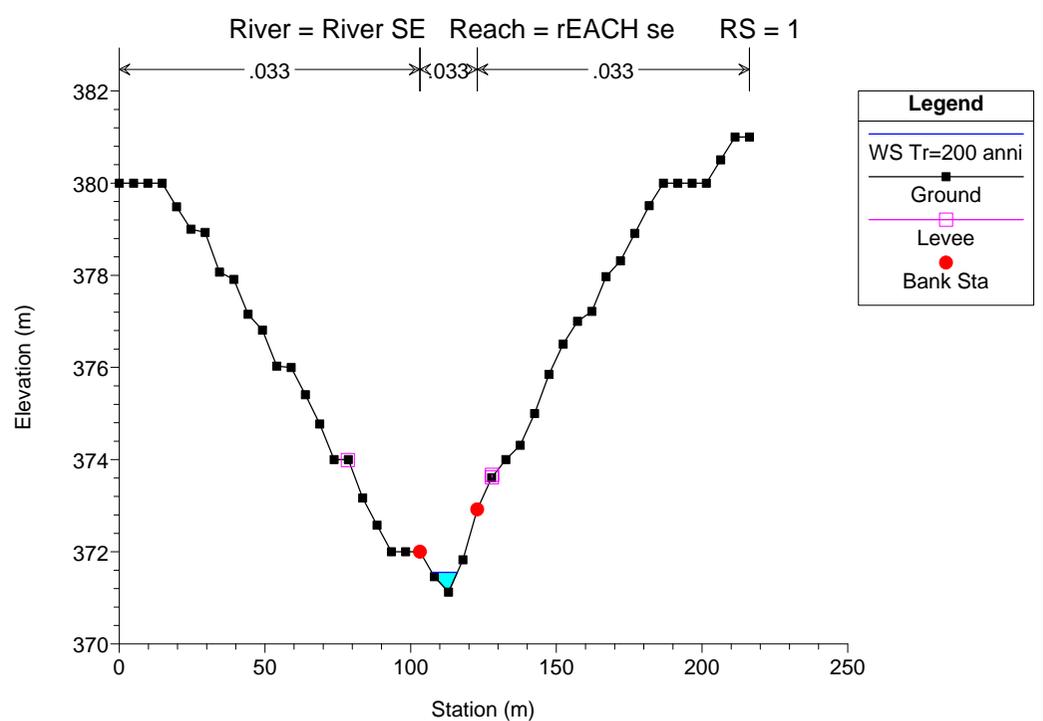
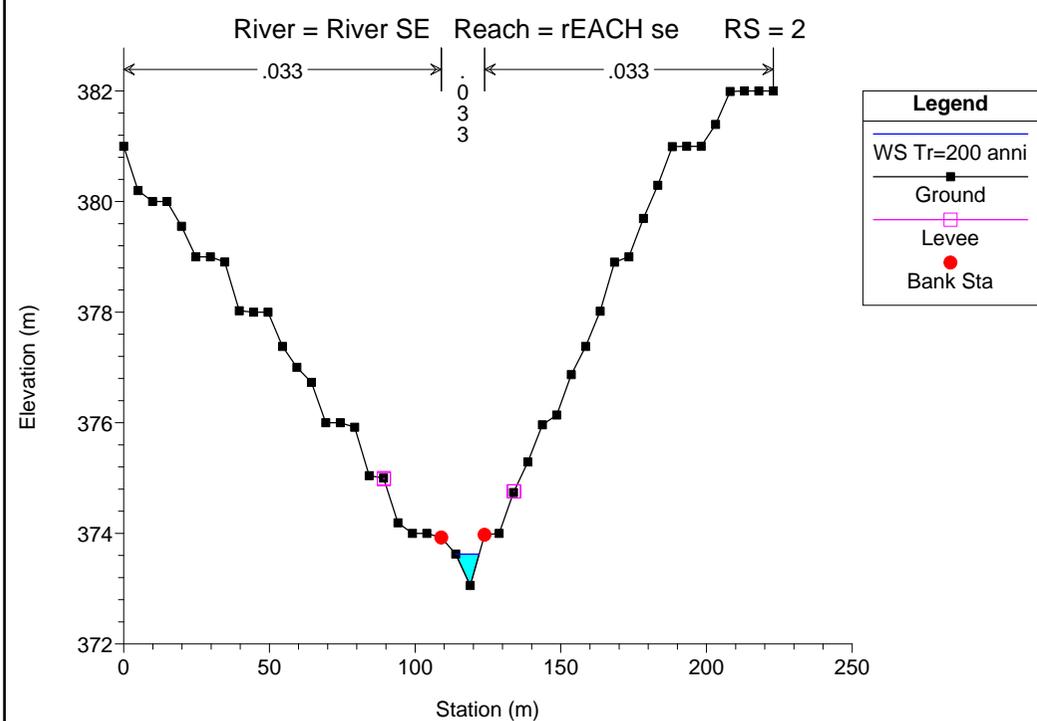
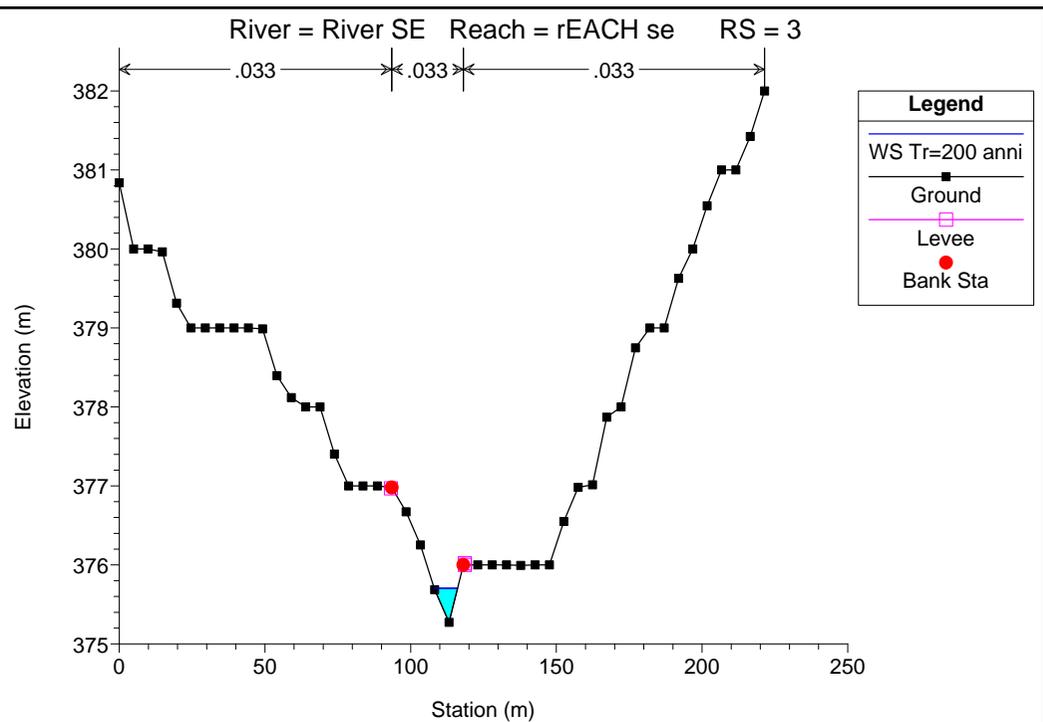
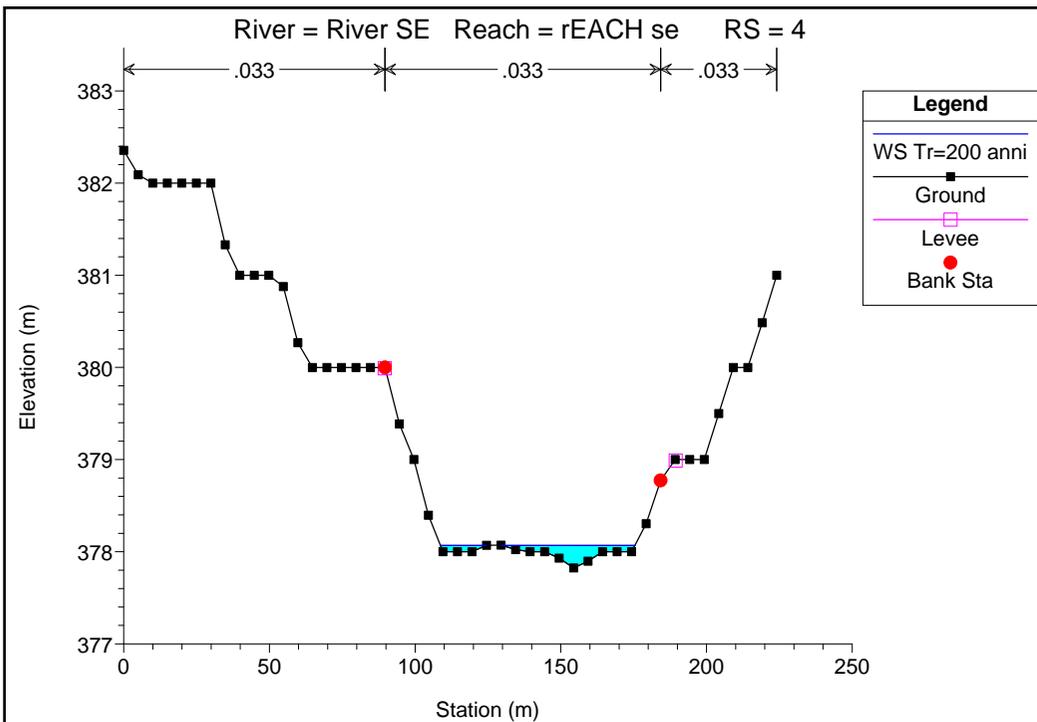
QUADERNO DELLE SEZIONI BACINO AFFERENTE ALLA SOTTOSTAZIONE UTENTE

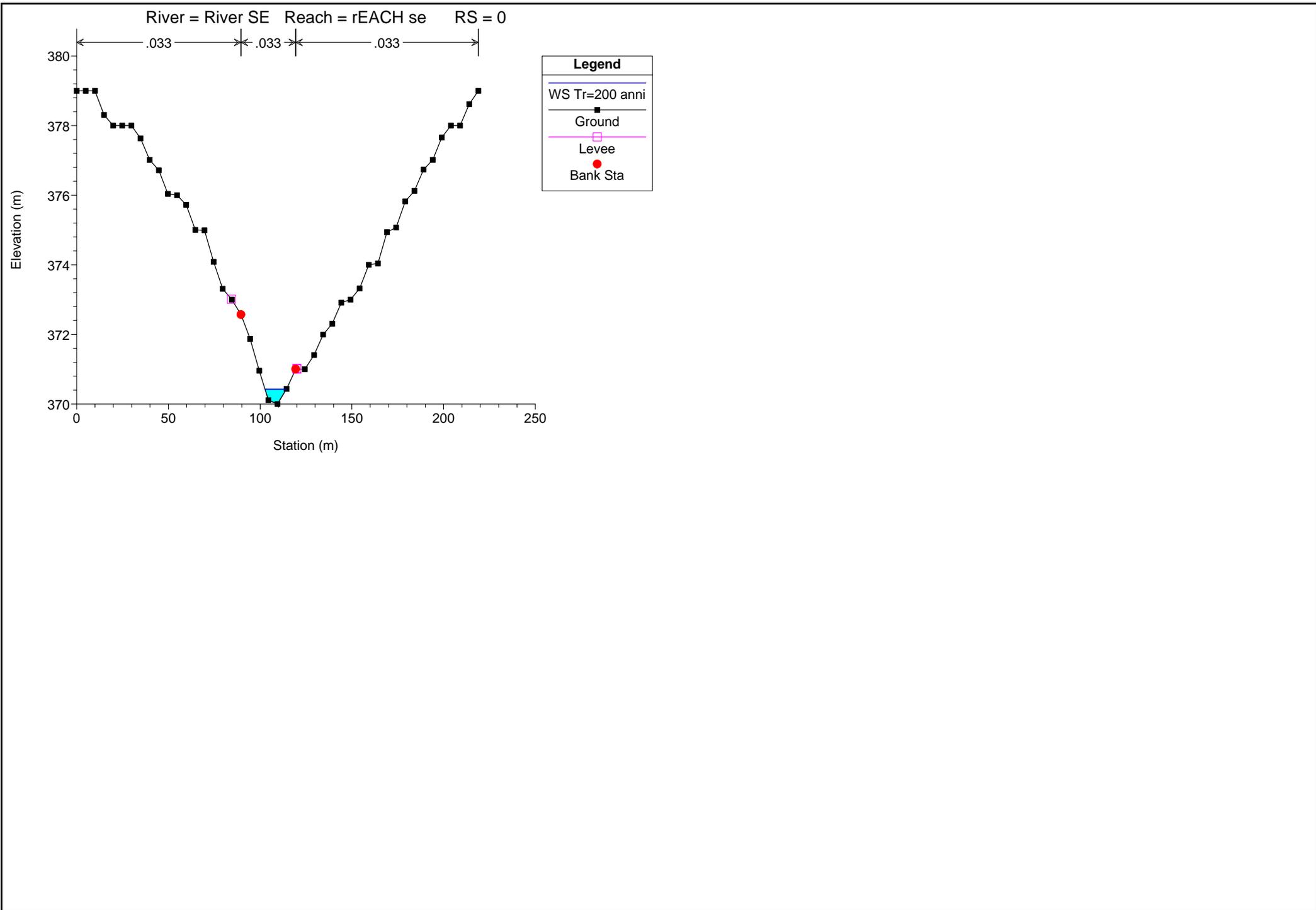












QUADERNO DELLE SEZIONI BACINO AFFERENTE ALLA TURBINA WGT02

