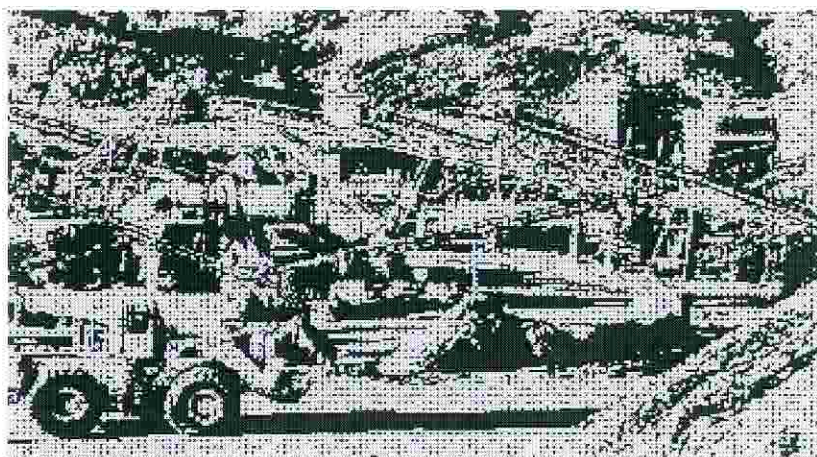


PROVINCIA DI SONDRIO

# PIANO CAVE PROVINCIALE

*Settore Inerti*



PROGETTO DI PIANO CAVE PROVINCIALE

**STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

RELAZIONE

Prof. Ing. SILVIO FRANZETTI  
Via M. Resegone, 16  
20090 - SEGRATE (MILANO)

DATA: NOVEMBRE 2003

Prof. Ing. SILVIO FRANZETTI - Via Monte Resegone, 16 - 20090 Segrate (Mi.) - tel. 02/2136164 - fax 02/2133628

## PREMESSE – INQUADRAMENTO – METODOLOGIA

La Provincia di Sondrio ha predisposto la Proposta di Piano Cave Provinciale. Le Norme di attuazione del PAI, adottate dall'AdbPo con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 in data 26 aprile 2001, all'art.22 comma 4, prevedono: " i progetti delle attività di cava devono essere corredata da uno studio di compatibilità idraulico-geologica-ambientale."

Poiché la compatibilità geologica-ambientale è stata studiata dagli Uffici Tecnici Provinciali, il presente elaborato riguarda solo lo studio di compatibilità idraulica, che è stato eseguito a partire dall'esame e dalla elaborazione di documenti ed informazioni disponibili, nonché in base a nuove indagini e sopralluoghi, secondo i Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po. Si sono perciò individuate ed effettuate le verifiche necessarie per una corretta valutazione della compatibilità idraulica. Si sono proposte norme e procedure di attivazione delle concessioni per i casi in cui la situazione non fosse fin d'ora del tutto nota o presentasse elementi che richiedono cautele aggiuntive.

Gli ambiti in cui sono previste le cave, così come indicate nel Piano Cave della Provincia, dal punto di vista idraulico sono raggruppabili in due insiemi:

*TIPO 1:* le zone delle fasce fluviali (PSFF L.102/90).

*TIPO 2:* le zone di vincolo PAI (L. 183/99) e di vincolo idrogeologico (R.D. 3276/23).

Salvo qualche caso, non si fa qui cenno alla presenza di servitù, quali linee elettriche, in quanto la messa in sicurezza di linee nelle aree di cava sarà certamente imposta dalle Società proprietarie di dette linee.

### **Insieme TIPO 1**

Per le aree appartenenti a questo gruppo si è effettuata una specifica valutazione, corredata dalle verifiche idrauliche necessarie per valutare la situazione idraulica.

E' stato valutato il livello di sicurezza dell'intervento e, ove necessario, sono state indicate le indagini preventive necessarie ed eventuali prescrizioni aggiuntive.

### **Insieme TIPO 2**

In generale a questo gruppo appartengono aree sede di (o adiacenti a) compluvi, che spesso sono interessate da cave antiche o ancora attive. Durante i sopralluoghi si è constatato che talora la regimazione delle acque è in uno stato eufemisticamente definibile come "*ampiamente inadeguato*". L'incisione del compluvio sparisce nell'area di cava: sparisce sotto i detriti, è interrotto dalle piste di servizio, devia le acque verso zone non predisposte a raccogliarle e convogliarle, ecc. La presenza di detriti molto permeabili fa sì che attualmente vi sia un forte assorbimento ed accu-

mulo dei terreni e un notevole aumento dei tempi di corrivazione. Di conseguenza gli eventi meteorici più ricorrenti – a basso tempo di ritorno – danno origine a portate relativamente modeste. Viceversa in occasione di eventi intensi e rari, esaurita – o comunque molto ridotta – la capacità di invaso del terreno, le portate diventano molto elevate, evidenziando l'insufficienza del reticolo idrografico. In questo scenario, il trasporto solido trae alimento non solo dalla montagna, ma anche in modo rilevante dalle attività di cava (piste, cumuli, ecc.).

Quando, con le nuove attività di cava, si asporteranno i detriti e i materiali permeabili, riducendo i tempi di corrivazione e l'assorbimento, aumenteranno le portate accentuando l'intrinseca inadeguatezza del sistema.

Le prossime concessioni sono un'ottima occasione per sistemare anche situazioni già oggi non adeguate. Pertanto per tutte le aree del TIPO 2 si ritiene debbano essere prescritte: i) procedure e/o attività preliminari per ottenere l'autorizzazione; ii) procedure in corso d'esercizio della cava per evitare situazioni di crisi; iii) attività di sistemazione definitiva secondo quanto pianificato nella fase i) preliminare e secondo lo scenario finale risultante.

Nella fase i) preliminare, deve essere effettuato un rilievo dell'area e dei compluvi, con la valutazione delle portate a 30-50 anni di tempo di ritorno e la verifica del reticolo di convogliamento fino al recapito finale (ad esempio nei torrenti principali). Si deve presentare un progetto di scavo corredato da un progetto relativo al convogliamento delle acque, e un progetto di sistemazione finale del reticolo idrografico.

Al termine dei lavori di cava (cioè al termine della fase ii), si deve verificare se la situazione risultante sia o meno quella di progetto per quanto attiene la capacità di assorbimento idrico delle superfici cavate e la conseguente adeguatezza della capacità di portata del sistema di collettamento.

Si passerà quindi alla fase iii) di sistemazione finale.

A queste procedure si farà riferimento nel corso della presente relazione, senza entrare nel dettaglio del singolo ATE, salvo in qualche caso per esemplificare le problematiche osservate in corso di studio.

Per tutte le cave il concessionario dovrà predisporre un "*Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico*" che tenga conto del pericolo di inondazione durante l'attività estrattiva.

**Bacino di Produzione: B7**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE2**

**Comune:** Samolaco

**Località:** Sortaccia

**CTR:** B2d5

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 206 (+205) m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 6 m
- Profondità della falda: mediamente 2,30 m dal p.c.
- Superficie: 47.854 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B di sponda sinistra del Mera. Il DPCM 24/05/2001 colloca la fascia B di progetto a ridosso della fascia A.

Lo studio presentato dalla Prov. di Sondrio ha evidenziato la presenza di paleoalvei in adiacenza all'area in oggetto. Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale, visto che il fiume Mera è arginato, sia a monte sia a valle.

Non si hanno notizie di esondazioni nel secolo scorso, in particolare nel 1987 l'area in esame, così come quelle circostanti, non è stata allagata.

La sommità arginale in sinistra è a quota 209,50 m s.l.m.; il thalweg è (circa) a quota 201,20 m s.l.m., come indicato nella sezione allegata.

La falda è all'incirca a quota 203 m s.l.m., e tendenzialmente (cioè in magra) alimenta il Mera. Non risulta vi siano interferenze con usi idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 199,50-200 m s.l.m., pertanto è più di 1 m al di sotto del thalweg del Mera. I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 3,50+4 m.

### **Sifonamento**

Si discutono e illustrano i criteri di verifica al sifonamento che saranno adottati per tutta la Proposta di Piano Cave.

I criteri di verifica al sifonamento (gradiente critico, Lane, Terzaghi) partono dal concetto di equilibrio fra la forza di filtrazione (componente verticale diretta verso l'alto) e il peso del granulo diretto verso il basso.

Nel caso di filtrazione con sbocco sub-orizzontale, come è quello in esame, in pratica non esiste - o quasi - un criterio soddisfacente. Indubbiamente al diminuire del gradiente idraulico medio, aumenta la sicurezza.

Nel caso d'alveo, arginato o no, di seguito si adotterà uno schema di filtrazione sub-orizzontale, nell'ipotesi di permeabilità nulla - o molto bassa - del corpo arginale, che schematizza la filtrazione come orizzontale al di sotto del corpo arginale e in campo omogeneo. Evidentemente viene così trascurato l'effetto benefico (a favore di sicurezza) che l'eventuale deposito fine sul letto del fiume e l'intasamento di fine del letto stesso esercitano nel senso della riduzione del gradiente  $i$ .

In questa ottica può ragionevolmente essere assunto come criterio di verifica, quello derivante dal metodo di Bligh per le dighe, assumendo cioè come "situazione sicura" quella per la quale si ha  $i \leq i_{\min} = f$  (materiale).

Per le sabbie (molto) limose si assumerà  $i \leq 0,06 \div 0,07$ ; per le sabbie ghiaiose  $i \leq 0,08 \div 0,10$ ; per le ghiaie  $i \leq 0,1 \div 0,2$ .

L'elemento di potenziale crisi più significativo nel caso in esame è appunto la sicurezza al sifonamento. Essa, come detto, dipende dal gradiente idraulico  $i$  e dalla granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Mera e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e il Mera.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 1500 \div 1540 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

$\leq 209,40 \text{ m s.l.m.}$  = livello idrico di piena; uno studio della C.M. di Chiavenna (2000), mostra che nel tronco esaminato la quota di piena sarebbe  $206,80 \text{ m s.l.m.}$ . Di conseguenza:

$$\Delta h \leq (209,40 - 203) \div (206,80 - 203) \cong 6,40 \text{ m} \div 3,80 \text{ m}$$

$$L \cong 60 \text{ m}$$

$$i = 0,11 \div 0,06$$

La sezione stratigrafica è stata indagata mediante prove penetrometriche che hanno evidenziato la presenza di strati "deboli" soprattutto nella fascia di escursione di falda. Si tratta o di strati sabbiosi

a bassa densità o di strati sabbiosi con consistenti passaggi limosi.

Anche alla quota del thalweg (201 m s.l.m.), circa 5 m al di sotto del p.c. vi sono strati "deboli".

Quindi a parità di scenario granulometrico, la sicurezza risulta ben diversa a seconda del livello di piena definitivamente accertato dall'Autorità di Bacino: se  $i = 0,06$  la situazione appare ragionevolmente sicura. Viceversa, se si volesse considerare la piena a 209,40 m s.l.m., e di conseguenza il gradiente 0,11, in presenza di materiale probabilmente sporco di limo, e comunque non particolarmente stabile, la situazione non sarebbe di tutta sicurezza. Si ritiene perciò che l'autorizzazione alla coltivazione, qualora si volesse considerare la piena a 209,60 e lo scavo di 6,40 m, debba essere condizionata all'esecuzione di una campagna di sondaggi con prove SPT e analisi granulometriche, tesa a individuare la composizione granulometrica e la densità dei materiali. Qualora la percentuale di limo superasse il 15%÷20%, oppure la sabbia risultasse a bassa densità, il ciglio di scavo della buca dovrà essere allontanato a 80 m dal piede esterno dell'argine, così da ottenere  $i \cong 0,07$ . Infatti, per  $\Delta h = 6,40$  m non si ritiene prudente limitare, senza ulteriori controlli, la sola profondità di scavo ammissibile visto che il trascinarsi sub-orizzontale dei granuli limosi può essere pericoloso.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione totale, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per quel che concerne la velocità di scorrimento dell'acqua nella zona di cava, in caso di esondazione essa dipende evidentemente dalla localizzazione e dall'ampiezza della rotta arginale che la causa. Si farà qui (e nel seguito) riferimento ad uno scenario di moto permanente, in assenza d'argine.

Nel tratto in esame l'alveo principale del Mera ha una pendenza media del 0,27%. Con riferimento alla quota massima 209,40 m in Mera, si sono confrontate le capacità di portata dell'intera sezione bagnata nell'alveo principale e nella zona di potenziale esondazione. In sostanza, essendo:

$$Q_t = A_t \cdot c_t \cdot R_t^{2/3} \sqrt{J}$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_t$  (=  $c_c$ ,  $c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = aree di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione e-  
ramente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

seguenza le velocità  $V_c$  e  $V_g$ , rispettivamente nel filone centrale e nelle aree di allagamento

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1500 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1500 / A_g$$

1 – B7 – ATE2 è riportato il piano quotato della piena e in tav.2 – B7 – ATE2, la sezione  
rsale  $a$  in corrispondenza dell'area di cava.

uito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B:

= 209,40 m s.l.m.:

$f_c = 1898$	per il filone centrale	(40%)
$f_g = 2823$	per l'area d'allagamento	(60%)

= 206,80 m s.l.m.:

$f_c = 649$	per il filone centrale	(66%)
$f_g = 331$	per l'area d'allagamento	(34%)

nitiva il contributo attuale delle aree d'allagamento al deflusso delle piene è variabile fra  
34% a seconda del tempo di ritorno considerato.

= 209,40 m s.l.m.:

19 m<sup>2</sup>

331 m<sup>2</sup>

/a:

9 m/s

,2 m/s

= 206,80 m s.l.m.:

35 m<sup>2</sup>

334 m<sup>2</sup>

/a:

0 m/s

,4 m/s

Il valore di  $V_g$  è comunque sempre abbastanza modesto così da poter essere ritenuto non pericoloso.

### **Capacità di invaso - laminazione**

Nel caso specifico della buca di scavo, non si può vedere che il lato positivo di una laminazione, quantificabile in circa  $W = 47.584 * 2,30 \cong 0,11 * 10^6 \text{ m}^3$  d'acqua, ed eventualmente anche di solido; è un valore abbastanza elevato da risultare significativo.

### **Conclusioni e Prescrizioni**

Lo scenario complessivo di sicurezza appare ragionevole. Tuttavia, trovandosi in zona di potenziale allagamento, la concessione dovrà essere subordinata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico che tenga conto sia dei controlli di stabilità spondale sia delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

Inoltre, se L'Autorità di bacino ritenesse si debba considerare il livello idrico di piena a 209,40 m s.l.m., e lo scavo di 6 m, si ritiene che l'autorizzazione alla coltivazione debba essere condizionata all'esecuzione di una campagna di sondaggi con prove SPT e analisi granulometriche, tesa a individuare la composizione granulometrica e la densità dei materiali. Qualora la percentuale di limo superasse il 15%+20%, oppure la sabbia risultasse a bassa densità, il ciglio di scavo della buca dovrà essere allontanato a 80 m dal piede esterno dell'argine, così da ottenere  $i \cong 0,07$ .



**Bacino di Produzione: B7**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE3**

**Comune: Samolaco**

**Località: Vigazzuolo**

**CTR: B2d5 – B3d1**

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 210÷225 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 7 m
- Profondità della falda: non c'è falda alla profondità in esame; la falda è a più di 10 m di profondità
- Superficie: 31.689 m<sup>2</sup>

**Vincolo (TIPO 2): L. 183/89.**

L'area si trova a più di 50 m di distanza dal torrente Casenda ed è ubicata nel conoide di detto torrente.

Nel 1987÷1997 sono stati fatti degli interventi di difesa longitudinale e trasversale (sacca di deposito) sul torrente.

Non servono valutazioni idrauliche di dettaglio (quali onda di piena ecc.) del torrente per comprendere che lo scavo costituisce una protezione aggiuntiva, qualora servisse, all'abitato di Giavere; l'area infatti è configurata a mo' di vallo di protezione per la laminazione e il trasporto solido, in sponda sinistra del torrente.

L'area di coltivazione è esterna alla fascia C del Mera.

La granulometria del materiale da scavare è prevalentemente ghiaio-sabbioso (con passaggi limosi probabilmente radi), come è stato possibile constatare in scavi effettuati in passato o in atto; pertanto non si ritiene vi siano particolari problemi di sifonamento dal torrente alla buca di scavo. Quando anche vi fossero non sarebbero preoccupanti.

Trattandosi di una conoide, è evidente che tutta la conoide stessa, in passato, è stata sede del letto del torrente; ma la cosa non è preoccupante.

La falda, peraltro freatica e molto profonda, non risulta sia di interesse idropotabile.

Si ritiene non vi siano significative interazioni con l'assetto idraulico attuale, salvo gli eventuali effetti benefici di invaso di cui s'è detto.

In definitiva non sembra che la coltivazione possa avere significativi effetti negativi dal punto di vista idraulico.

### ***Prescrizioni***

Non potendo escludere la possibilità di esondazione del torrente nell'area di scavo, la concessione dovrà essere subordinata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico che tenga conto sia dei controlli di stabilità spondale sia le misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B7**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE4**

**Comune:** San Giacomo Filippo

**Località:** --

**CTR:** B2d3

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 700÷890 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 4 m
- Profondità della falda: non c'è falda a profondità comparabilmente con la profondità di scavo
- Superficie: 71.561 m<sup>2</sup>

**Vincoli (TIPO 2):** R.D. 3276/23, L. 183/89.

Non ci sono significative problematiche di tipo idraulico.

Non ci sono problematiche di falda, che peraltro non risulta abbia un utilizzo ai fini di approvvigionamento idropotabile.

Per le indicazioni e prescrizioni si rimanda a quanto detto nelle premesse.

**Bacino di Produzione: B7**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE5**

**Comuni:** Samolaco – Novate Mezzola

**Località:** Malpensada

**CTR:** B2e5

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 200÷300 m s.l.m.
- Profondità media di scavo: 2,5 m
- Profondità della falda: mediamente 5 m dal p.c.
- Superficie: 19.586 m<sup>2</sup>

**Vincolo (TIPO 2):** R.D. 3276/23.

E' materiale residuo di attività di cava di più di un secolo fa.

E' in sinistra del torrentello Valle Piaggiosa; non vi sono evidenze di interferenze fra la cava e il corso d'acqua e neppure con la falda, vista la modesta profondità di scavo.

Non vi sono forme fluviali da riattivare.

Non vi sono segnali o indicazioni di attività fluviali interferenti.

In definitiva dal punto di vista idraulico non vi sono significative problematiche.

Bacino di Produzione: B7

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE6

Comune: Novate Mezzola

Località: Foppa – Ganda Grossa

CTR: B3e1

**Caratteristiche di n.2 aree estrattive:**

- Quota p.c. 380-520 e 250-380 m s.l.m.
- Profondità media di scavo: 4 m
- Profondità della falda: non vi è falda fino a profondità significativa
- Superficie: 32.267 + 59.470 m<sup>2</sup>

**Vincolo (TIPO 2):** R.D. 3276/23.

E' materiale detritico, in parte derivante da precedente attività estrattiva; è in atto una attività estrattiva che, in parte, ha incidenza sullo stesso bacino idrologico.

Non vi sono evidenze di interazione con acque di falda o con acque superficiali; l'alveo del torrentello che attraversa l'area di servizio non interferirebbe direttamente con l'attività di cava, a condizione che la cava sia tenuta ad adeguata distanza.

Se invece si va a verificare il sito ci si accorge come in realtà già l'attività estrattiva in atto, derivante da **concessione mineraria** autorizzata, interferisca pesantemente con il deflusso delle acque. In pratica l'incisione è sbarrata dalle piste di cantiere e dai detriti (vedi Tav.1-B7-ATE6/7, dove è indicato con il simbolo ? la mancanza di un adeguato scarico).

Il bacino sotteso dal torrentello sulla cui sponda sinistra è ubicata l'area di cava ha una superficie inferiore a 0,1 km<sup>2</sup>, sicchè la portata a 50 anni di tempo di ritorno è dell'ordine di 1 m<sup>3</sup>/s. Essendo la pendenza elevata, mediamente del 30% ÷ 50%, l'altezza cinetica dell'acqua raggiunge facilmente i 2÷3 m. Di conseguenza, in linea di principio, sarebbe opportuno prescrivere che l'area di coltivazione sia almeno 5 m al di sopra del fondo alveo, tale dislivello essendo misurato sull'ortogonale alla direzione media dell'alveo.

Per ulteriori indicazioni e prescrizioni si rimanda a quanto detto nelle premesse.

Bacino di Produzione: B7

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE7

Comune: Novate Mezzola

Località: Valdimonte

CTR: B3e1

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 330÷520 m s.l.m.
- Profondità media di scavo: 5 m
- Profondità della falda: non vi è falda fino a profondità significative
- Superficie: 120.217 m<sup>2</sup>

**Vincolo (TIPO 2):** R.D. 3276/23

Il bacino sotteso dal "torrentello" (affluente di sinistra del torrente Caldone) sulla cui sponda sinistra è ubicata l'area di cava, ha una superficie di circa 1,2 km<sup>2</sup>, sicchè la portata a 50 anni di tempo di ritorno è dell'ordine di 10 m<sup>3</sup>/s. E' un valore abbastanza elevato, certamente significativo per l'attività di erosione e trasporto.

La situazione attuale non è delle più felici ((vedi Tav.1-B7-ATE6/7, dove è indicato con il simbolo ? la mancanza di un adeguato scarico). Piste d'accesso al cantiere di una attività estrattiva in atto, derivante da **concessione mineraria** autorizzata, sbarrano il corso d'acqua, deviano il flusso idrico; sono una fonte di trasporto solido. La grande capacità di assorbimento riduce probabilmente molto le portate usuali, tant'è che una strada comunale attraversa la valle prima dello sbocco nel Codera, lasciando per il deflusso solo un piccolo canaletto artificiale (Tav.1-B7-ATE6/7).

In sostanza questo è un caso tipico in cui la situazione idraulica – prima, durante e dopo l'attività di estrazione – dovrà essere esaminata con cura.

Essendo la pendenza elevata, mediamente del 35%, l'altezza cinetica dell'acqua raggiunge facilmente i 2÷3 m, ad essa va aggiunto il tirante idrico. Di ciò si dovrà tenere conto nel progetto di gestione dell'attività di cava e di sistemazione finale. Occorrerà un rilievo dettagliato preventivo del corso d'acqua con l'illustrazione della configurazione del corso d'acqua stesso durante e al termine

dell'attività di cava. Al termine della coltivazione, la cava dovrà essere sistemata in modo da contenere la riduzione del tempo di corrivazione e l'eventuale aumento del trasporto solido. Per ulteriori indicazioni e prescrizioni si rimanda a quanto detto nelle premesse.

**Bacino di Produzione: B7**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE8**

**Comune:** Dubino

**Località:** Spinida

**CTR:** B3e2

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 210÷350 m s.l.m.
- Profondità media di scavo: 3 m
- Profondità della falda: mediamente 2,5÷5 m dal p.c.
- Superficie: 29.697 m<sup>2</sup>

**Vincolo (TIPO 2):** R.D. 3276/23

E' detrito in parte di falda e in parte proveniente da precedente attività di cava. La nuova attività consentirà un miglior recupero ambientale.

Non vi sono particolari problematiche idrauliche: l'area di attività estrattiva è indicata planimetricamente a una distanza superiore ai 25 m dal torrente Valle Fontana: questa distanza deve comparire nelle prescrizioni di concessione in modo che la sponda del torrente rimanga inalterata, in modo cioè da evitare l'esondazione verso sinistra del torrentello valle Fontana.



Bacino di Produzione: B8

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE1

Comuni: Cosio Valtellino - Cercino

Località: Bolgia

CTR: B3e2

**Caratteristiche delle n.3 aree estrattive:**

- Quota p.c. 207,50; 208; 208 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 7; 6; 6; m
- Profondità della falda: mediamente 3,50÷4,00 m dal p.c.
- Superficie:  $59.867 + 7.894 + 39.412 = 107.173 \text{ m}^2$

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B di sponda sinistra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale, visto che il fiume Adda è arginato, sia a monte sia a valle.

Non si hanno notizie di esondazioni nel secolo scorso; in particolare nel 1987 nell'area in esame non c'è stata esondazione.

La sommità arginale in sinistra è a quota 211,00÷211,50 m s.l.m. (vedi sezioni *a* e *b* allegate); il thalweg è (circa) a quota 202,80÷203,80 m s.l.m (vedi sezioni *a* e *b* allegate).

La falda è all'incirca a quota 204 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda in condizioni di magra; in condizioni di piena ovviamente si inverte il verso del flusso. Non risulta sia utilizzata a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 200,50÷202 m s.l.m., pertanto è abbondantemente al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 3,70, 5,20, 5,20 m rispettivamente nelle tre aree estrattive *a1*, *a2*, *a3*.

### **Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame è la sicurezza al sifonamento. Essa dipende dal gradiente idraulico  $i$  e dalla granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 1530 \div 1560 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- 208,90 ÷ 209,70 m s.l.m., livello in Adda;

$\Delta h \leq (209,70 - 206) \cong 3,70 \text{ m}$ ; si è posto il livello in falda a quota 206 m, perché la falda è certamente alta quando l'Adda è in piena, come evidenziano i canali di drenaggio/bonifica della piana in occasione delle piene d'Adda;

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni  $Q \cong 1060 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 208 m s.l.m.)

$$\Delta h \cong 208 - 204 = 4 \text{ m}$$

Pertanto, essendo:

$$L \cong 75 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,05$$

La sezione stratigrafica è stata indagata mediante prove penetrometriche che hanno evidenziato la presenza di sabbia e ghiaia di una certa consistenza a profondità superiori a 2,00÷3,00 m dal p.c. ( $N > 15$  colpi;  $P_{Pd} > 40 \text{ kg/cm}^2$ ); al di sopra vi sono materiali più limosi (e coltivo). In materiali di questo tipo il gradiente trovato è di sufficiente sicurezza. Del resto un'area limitrofa è stata oggetto di cava senza riscontrare problemi.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Nel tratto in esame l'alveo principale dell'Adda ha una pendenza media del 1,6%. Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2/3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  ( $= c_c, c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0.25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE1 è riportato il rilievo topografico della piana e in tav.2-B8-ATE1 le sezioni trasversali *a* e *b* in corrispondenza della cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nelle sezioni *a* e *b*:

$q_a = 208,90$  m s.l.m. alla sezione *a*

$q_b = 209,70$  m s.l.m. alla sezione *b*

$f_{c,a} = 885$  per il filone centrale (72%)

$f_{g,a} = 337$  per l'area d'allagamento (28%)

$f_{c,b} = 1497$  per il filone centrale (82%)

$f_{g,b} = 323$  per l'area d'allagamento (18%)

In definitiva il contributo attuale delle aree d'allagamento al deflusso della piena è mediamente dell'ordine del 20÷30%.

Essendo:

$$A_{c,a} = 335 \text{ m}^2 \quad ; \quad A_{c,b} = 577 \text{ m}^2$$

$$A_{g,a} = 1302 \text{ m}^2 \quad ; \quad A_{g,b} = 1156 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_{c,a} = 3,4 \text{ m/s} \quad ; \quad V_{c,b} = 2,2 \text{ m/s}$$

$$V_{g,a} = 0,3 \text{ m/s} \quad ; \quad V_{g,b} = 0,2 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è molto modesta, quindi non è pericolosa.

### ***Variazione della capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolata la variazione dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

E' stata effettuata, per la fascia B, la modellazione del terreno e della superficie del pelo libero in piena con  $Tr = 200$  anni (Tav.3 – B8 – ATE1).

Per semplicità e prudenzialmente non è stato tenuto conto del volume dell'alveo inciso, ottenendo:

$$A = 4,7 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \quad \text{area di fascia B considerata}$$

$$W = 5,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \quad \text{volume invasato}$$

L'invaso aggiuntivo delle due aree di cava proposto è  $\Delta W \cong 2,4 \cdot 107.173 = 0,21 \div 0,43 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , pari a 4÷9% del volume attuale. Non è un grandissimo incremento, ma neppure trascurabile.

### ***Conclusioni e Prescrizioni***

Alla luce delle considerazioni e delle verifiche sopra esposte, l'intervento di cava proposto appare idraulicamente compatibile, e addirittura consente una non trascurabile laminazione aggiuntiva.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

Bacino di Produzione: B8

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE2

Comune: Talamona

Località: Tartano

CTR: C3b3

Vincolo (TIPO 2): L. 183/89 e L.102/90.

Questo caso è semplice. L'area è stata inondata dal torrente Tartano nel 1987.

Un'area simile a quella proposta dalla Provincia di Sondrio, e prevista come "vallo di sicurezza" dal progetto definitivo "Opere di sistemazione idraulica sul Torrente Tartano: Regimazione dell'area del conoide – 1° Lotto", approvato da tutti gli Enti competenti; è stato recentemente consegnato alla Regione Lombardia anche il progetto esecutivo.

Pertanto si riporta in planimetria l'area di escavazione prevista dal citato progetto, avente le seguenti caratteristiche:

**Caratteristiche dell'area estrattiva secondo il progetto di regimazione – 1° Lotto:**

- Quota p.c. 294+385 m s.l.m.
- Profondità media di scavo: 6 m
- Profondità della falda: molto profonda rispetto al p.c.
- Superficie: 83.000 m<sup>2</sup>
- Volume scavato: 490.000 m<sup>3</sup>, in tre anni

**Osservazione:** in realtà essendo l'attività di scavo di fatto oggetto di un progetto di "Piano della difesa del suolo e di riassetto idrogeologico", non dovrebbe forse essere inserita nella Proposta di Piano Cave. Tuttavia l'area indicata dalla Provincia di Sondrio è più ampia di quella prevista dal progetto citato, e non presenta controindicazioni idrauliche, pertanto l'indicazione della Proposta di Piano Cave potrebbe anche essere limitata all'area di cava esterna al perimetro indicato dal progetto di regimazione – 1° Lotto. In quest'ultimo caso si prescrive che gli scavi si raccordino con

quelli del citato progetto 1° Lotto, con le modalità ivi previste, e secondo le indicazioni di sezioni di scavo indicate nel progetto preliminare di regimazione.

Bacino di Produzione: B8

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE3

Comune: Colorina

Località: Isolette

CTR: C3c2

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 268 m s.l.m.
- Profondità media di scavo: 6 m
- Profondità della falda: mediamente 2,00÷2,50 m dal p.c., come evidenziato dalle prove penetrometriche..
- Superficie: 73.893 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia A-B di sponda sinistra dell'Adda.

E' in prossimità di una precedente area estrattiva e di un impianto di lavorazione di inerti; non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale del fiume.

Nel 1987 l'area è stata allagata, probabilmente anche per azione del torrente Madrasco.

Nel tratto in esame, l'Adda è in parte arginata, in parte no.

Il ciglio di contenimento in sinistra è a quota 270,60÷271 m s.l.m.; il thalweg è (circa) a quota 265,10÷263,90 m s.l.m., come indicato nelle sezioni allegate (tav.2).

La falda è all'incirca a quota 266 m s.l.m., può alimentare o essere alimentata dall'Adda, a seconda che le condizioni del fiume siano di piena o di magra; non risulta essere oggetto di sfruttamento ad uso idropotabile.

In proposito vale la pena di fare una precisazione valida in generale per tutta l'asta fluviale. Nei periodi piovosi dell'anno i bacini montani alimentano le falde, che quindi alimentano l'Adda. Viceversa nei periodi meno piovosi accade che lungo una sezione trasversale al fiume vi sia un flusso da fiume a campagna e dai monti verso la valle; si viene così a generare una sorta di spartiacque più o meno lontano dal fiume. Le due alimentazioni congiunte vengono poi convogliate a valle, di nuovo in Adda, dai canali drenanti delle piane. Come detto, e come intuibile, il processo varia in funzione della piovosità e stagionalmente.

Lo scavo previsto raggiunge quota 262 m s.l.m., pertanto circa 2÷3 m al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 3 m.

### **Sifonamento**

Un elemento di crisi significativo nel caso in esame è la sicurezza al sifonamento. Essa dipende dal gradiente idraulico  $i$  e dalla granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e il livello della falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 1270 \text{ m}^3/\text{s}$ ), con riferimento alla più pericolosa sez.  $b$  di tav.2:

$\cong 272 \text{ m s.l.m.}$  = livello nel fiume; superiore alla quota della piana; lo scavo di cava quindi viene colmato dalla piena;

In condizioni più ricorrenti, con piena alla quota del ciglio di contenimento ( $\cong 271 \text{ m s.l.m.}$ ), si ha:

$$\Delta h \leq (271 - 266) \cong 5 \text{ m}$$

$$L \cong 30 \text{ m}$$

$$i \cong 0,17$$

La sezione stratigrafica è stata indagata mediante prove penetrometriche che hanno evidenziato ( $N_p < 10$  colpi e  $R_p < 10 \text{ kg/cm}^2$ ) sabbie limose o sabbie poco dense fino a 1÷2 m di profondità, ma in un caso fino a 5 m di profondità. Soprattutto per quest'ultimo dato la proposta così come formulata nella Proposta di Piano non appare di tutta sicurezza. Si ritiene perciò che la concessione debba essere subordinata all'esecuzione di una campagna di sondaggi, con analisi granulometriche e prove SPT, tese ad individuare la composizione granulometrica e la densità dei materiali. Qualora le sabbie risultassero di bassa densità o vi fosse presenza di limo superiore al 15÷20%, il ciglio scavo della buca dovrà essere allontanato dall'argine, fino ad ottenere  $i \leq 0,06\div 0,07$ , cioè ad almeno 60 m dalla strada lungo il ciglio Adda.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.



Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2/3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  (=  $c_c$ ,  $c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0.25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE3 è riportato il rilievo topografico della piana e in tav.2-B8-ATE3 le sezioni trasversali *a* e *b* in corrispondenza della cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nelle sezioni *a* e *b*:

$q_a = 272,00$  m s.l.m. alla sezione *a*

$q_b = 272,09$  m s.l.m. alla sezione *b*

$f_{c,a} = 2321$  per il filone centrale (62%)

$f_{g,a} = 1440$  per l'area d'allagamento (38%)

$f_{cb} = 2437$	per il filone centrale	(73%)
$f_{gb} = 893$	per l'area d'allagamento	(27%)

In definitiva il contributo attuale delle aree d'allagamento al deflusso della piena è mediamente dell'ordine del 30÷35%.

Essendo:

$$A_{c,a} = 715 \text{ m}^2 \quad ; \quad A_{c,b} = 844 \text{ m}^2$$

$$A_{g,a} = 2567 \text{ m}^2 \quad ; \quad A_{g,b} = 1868 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_{c,a} = 1,1 \text{ m/s} \quad ; \quad V_{c,b} = 1,1 \text{ m/s}$$

$$V_{g,a} = 0,2 \text{ m/s} \quad ; \quad V_{g,b} = 0,2 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è molto modesta, quindi non è pericolosa.

### ***Variatione della capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolata la variazione dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

E' stata effettuata, per la fascia B, la modellazione del terreno e della superficie del pelo libero in piena con  $Tr = 200$  anni, limitatamente alla zona confinata a Est del torrente Madrasco. Per semplicità e prudenzialmente non è stato tenuto conto del volume dell'alveo inciso.

Si è ottenuto:

$$A = 0,49 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \quad \text{area di fascia B considerata}$$

$$W = 0,79 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \quad \text{volume invasato attualmente}$$

L'invaso aggiuntivo delle due aree di cava proposto è  $\Delta W \cong 2 * 73.893 = 0,15 * 10^6 \text{ m}^3$ , pari al 19% del volume attuale. Non è un grandissimo incremento, ma neppure trascurabile.

A valle della zona in esame, come detto, vi è un impianto di lavorazione di inerti; la presenza della nuova cava non sembra avere alcuna influenza sulla sicurezza di detto impianto.

### ***Prescrizioni***

Si ritiene che l'autorizzazione alla coltivazione debba essere condizionata all'esecuzione di una campagna di sondaggi con prove SPT e analisi granulometriche, tesa a individuare la composizione granulometrica e la densità dei materiali. Qualora la percentuale di limo superasse il 15%÷20%, oppure la sabbia risultasse a bassa densità, il ciglio di scavo della buca dovrà essere

allontanato dall'argine, fino ad ottenere  $i \leq 0,06+0,07$ , cioè ad almeno 70 m dalla strada che corre lungo il ciglio Adda.

La concessione dovrà inoltre essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava, che tenga conto del pericolo di inondazione e della presenza di una linea elettrica.

Bacino di Produzione: B8

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE4

Comune: Castione Andevenno

Località: Mareggio

CTR: C3c2

**Caratteristiche delle n.3 aree estrattive:**

- Quota p.c. 274÷275 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 5 m
- Profondità della falda: individuata dall'indagine penetrometrica a 1,50 m dal p.c.
- Superficie: 16.459 + 3.511 + 21.024 = 40.994 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia A di sponda destra dell'ADDA.

Nel 1987 l'area è stata allagata, ma solo parzialmente e marginalmente.

Il tratto fluviale non è arginato.

Il ciglio spondale in destra è a quota 276 m s.l.m. (vedi sezioni *a* e *b*); il thalweg è (circa) a quota 270,50÷270,90 m s.l.m., come indicato nelle sezioni allegate *a* e *b*.

La falda è all'incirca a quota 272 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda in condizioni di magra; in condizioni di piena ovviamente si inverte il verso del flusso.

Lo scavo previsto raggiunge quota 269÷270 m s.l.m., pertanto è un po' al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 2,50÷3,50 m.

**Sifonamento**

Per analogia con gli altri casi, pur notando che in questo caso non c'è pericolo alcuno, si effettua la verifica al sifonamento. Esso dipende dal gradiente idraulico *i* e dalla granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 1360 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

$$q_a = 275,10 \text{ m s.l.m. livello in Adda alla sez. } a;$$

$$q_b = 275,30 \text{ m s.l.m. livello in Adda alla sez. } b;$$

$$\Delta h \leq (275,30 - 272,50) \cong 3,00 \text{ m};$$

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni  $Q \cong 900 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 274,50 m s.l.m.)

$$\Delta h \cong 274,50 - 272,50 = 2 \text{ m}$$

Di conseguenza si ha:

$$L \cong 20 \text{ m}$$

$$i \leq 0,15$$

La sezione stratigrafica è stata indagata mediante prove penetrometriche che hanno evidenziato valori alquanto diversi nell'area prossima al Caldenno rispetto alle altre. La copertura più debole, con sabbie non dense o sabbie limose è di 1 m in zona *a1*, e di 2÷2,50 m altrove. Al di sotto il materiale è più grossolano e consistente. Nel materiale grossolano in esame, il gradiente  $i$  calcolato è un po' alto; tuttavia, quand'anche si verificasse un sifonamento, non vi sarebbe pericolo alcuno.

### ***Velocità dell'acqua nell'area di esondazione***

Nel tratto in esame l'alveo principale dell'Adda ha una pendenza dello 0,6% a fronte di una pendenza media di 1,7% valutata su un tronco di 2 km nell'intorno.

I livelli di piena sono:

$$q_a = 275,10 \text{ m s.l.m. , livello di piena alla sezione } a$$

$$q_b = 275,30 \text{ m s.l.m. livello di piena alla sezione } b$$

Poichè la quota del pelo libero è inferiore a quella del terreno, se vi è esondazione, essa deve provenire da monte. In ogni caso la velocità in corrispondenza della cava è bassa.

Essendo l'area del filone in alveo  $A_c = 593 \div 441 \text{ m}^2$ , la velocità media in alveo è  $V_c = 1360/A_c = 2,3 \div 3,1 \text{ m/s}$ .

L'Adda in questa zona ha una pendenza modesta e tende a depositare il solido.

La laminazione aggiuntiva, nell'ipotesi di cava prospettata dalla Proposta di Piano Cave Provinciale è:

$$\Delta W = 2 \div 3 \times 40.994 = 0,08 \div 0,12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Questo tronco fluviale ha una pendenza dello 0,6%, ben inferiore a quella media valutata su 2 km che è dell'ordine di 1,6%.

### ***Conclusioni e prescrizioni***

Si tratta di un'area in fregio ad un tronco fluviale dove si ha tendenza al deposito; un eventuale innalzamento del letto potrebbe causare uno sfondamento della barriera di terreno fra il fiume e la cava, quando questa è "aperta". Si ritiene quindi prudente prescrivere che la cava venga coltivata in avanzamento, mantenendo un fronte lato fiume di ampiezza non superiore a 150 m e provvedendo al ritombamento progressivo della buca circa fino al piano campagna attuale.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE5**

**Comune:** Caiolo

**Località:** --

**CTR:** C3c2

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 281 m s.l.m.<sup>1)</sup>
- Profondità max di scavo: 6 m
- Profondità della falda: mediamente 3 m dal p.c.
- Superficie: 74.855 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B-C di sponda sinistra dell'ADDA, a 20 m da: Adda, edifici, linee elettriche.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale. L'area è in sponda sinistra d'Adda, allo sbocco del torrente Livrio.

Nel 1987 nell'area in esame non c'è stata esondazione.

La sponda dell'Adda non è arginata ed è a quota 281,00 m s.l.m. (vedi sezione a di Tav. 2-B8-ATE5); il thalweg è (circa) a quota 275 m s.l.m., come indicato nella sezione allegata a.

La falda è all'incirca a quota 282 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda; non risulta essere sfruttata per usi idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota  $281 - 6 = 275$  m s.l.m., e cioè circa la quota del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg, e cioè fino a quota 276 m s.l.m.

---

<sup>1)</sup> Nota.

La quota è variabile lungo l'area; qui si prende come riferimento quella rilevata in prossimità del fiume: si veda Tav.2-B8-ATE5.

### **Sifonamento**

Di seguito si fa riferimento ad una quota minima di scavo di 275 m s.l.m.

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame è la sicurezza al sifonamento. Essa dipende dal gradiente idraulico  $i$  e dalla granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra il livello falda nello scavo e il pelo libero in Adda e;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 1300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- ~280,00 m s.l.m., livello in Adda;

$\Delta h \leq (282 - 280) \cong 2,00 \text{ m}$ ; filtrazione dalla falda verso l'Adda

- oppure in condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni  $Q \cong 880 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello 278,80 m):

$\Delta h \cong 282 - 278,80 \cong 3 \text{ m}$ ; filtrazione dalla falda verso l'Adda

$L \cong 20 \text{ m}$

$i \leq 0,15$

La sezione stratigrafica è stata indagata mediante prove penetrometriche che hanno evidenziato la presenza di sabbia e ghiaia di una certa consistenza ( $N > 10$  colpi;  $P_{Pd} > 30 \text{ kg/cm}^2$ ), con qualche passaggio più debole, ma di poca importanza. In materiali di questo tipo, il gradiente trovato è di sufficiente sicurezza, a condizione che la scarpata di scavo abbia pendenza 3/1 lato Adda. Viceversa in prossimità degli edifici a ovest la distanza deve essere incrementata a 30 m, anche a tutela dell'erosione superficiale delle acque eventualmente esondanti dall'Adda.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

In tav.1-B8-ATE5 e in tav.2-B8-ATE5 è indicata una sezione trasversale in corrispondenza dell'area di cava. Si vede che la quota del terreno è superiore di quella di piena, quindi non vi sarebbe esondazione. Qualora l'esondazione avvenisse, avrebbe una velocità di scorrimento bassa, peraltro è modesta anche la velocità nell'alveo:  $V_c = 880/415 = 2,1 \text{ m/s}$ .

Tuttavia, sia la vicinanza del Livrio, sia soprattutto la possibilità di erosioni dovute all'eventuale esondazione dell'Adda inducono a suggerire: a) un incremento della distanza dell'area di cava a Ovest, a 30 m lato costruzioni private; b) una pendenza di scarpata dello scavo di cava 3/1 a lato di dette costruzioni e a lato dell'Adda.



### ***Variazione della capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della realizzazione della cava:

$$\Delta W = * 2\div 3 \times 74.855 = 0,15\div 0,22 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

valore non trascurabile.

### ***Conclusioni e Prescrizioni***

Si prescrive una distanza minima di 30 m del ciglio di scavo dai fabbricati a Ovest e una pendenza massima del 33% delle scarpate di cava lato Ovest e lato Adda.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava, che tenga conto sia del pericolo di inondazione sia della presenza di linee elettriche.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE6**

**Comune:** Poggiridenti

**Località:** Pignotti

**CTR:** C3d2

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 294+295 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 6 m
- Profondità della falda: le prove penetrometriche l'hanno individuata a 1.50 m dal p.c.
- Superficie: 42.486 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B di sponda destra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale.

Nel 1987 l'area in esame è stata allagata, forse soprattutto per difetto dei canali di bonifica.

L'Adda ha la marcata tendenza a depositare in questo tronco fluviale.

Il ciglio spondale in destra nel 1987 era a quota 295,50 m s.l.m., ora è attrezzato con un argine avente sommità circa a quota 298 m s.l.m. (vedi sezione a allegata). Il thalweg è (circa) a quota 291,30 m s.l.m. (vedi sezione a allegata).

La falda è all'incirca a quota 292,50 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda in condizioni di magra; in condizioni di piena ovviamente si inverte il verso del flusso; non risulta vi siano interferenze con utilizzi a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 288-289 m pertanto è abbondantemente al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 2+3 m.

### **Sifonamento**

Anche se nel caso in esame l'elemento di crisi più significativo non è la sicurezza al sifonamento, di seguito si effettua la consueta valutazione. Il sifonamento dipende dal gradiente idraulico  $i$  e dalla granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- 296,25 m s.l.m., livello in Adda alla sezione a:

$$\Delta h \cong (296,25 - 291,30) \cong 5 \text{ m}$$

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni  $Q \cong 606 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 295,30 m s.l.m.)

$$\Delta h \cong 295,30 - 292 \cong 3 \text{ m}$$

Pertanto, essendo

$$L \cong 50 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,10$$

La sezione stratigrafica è stata indagata mediante prove penetrometriche che hanno evidenziato la presenza di sabbia e ghiaia di una certa consistenza a profondità superiori a 0,50+0,70 m dal p.c. ( $N > 10$  colpi;  $P_{Pd} > 30 \text{ kg/cm}^2$ ), al di sopra vi sono materiali più limosi (e coltivo). In materiali di questo tipo, il gradiente trovato è di sufficiente sicurezza.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^2 \cdot \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  (=  $c_c$ ,  $c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0,25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE6 è riportato il rilievo topografico della piena e in tav.2-B8-ATE6 la sezione trasversale  $a$  in corrispondenza della cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nella sezione  $a$ :

$$q = 296,25 \text{ m s.l.m.}$$

$$f_c = 303 \quad \text{per il filone centrale} \quad (85\%)$$

$$f_g = 54 \quad \text{per l'area d'allagamento} \quad (15\%)$$

In definitiva il contributo attuale dell'area d'allagamento al deflusso della piena è del 15%.

Essendo:

$$A_c = 176 \text{ m}^2$$

$$A_g = 216 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_c = 4,3 \text{ m/s}$$

$$V_g = 0,6 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è abbastanza modesta, quindi non è pericolosa.

### ***Capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 1,5 * 42.486 = 0,06 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore modesto.

### ***Conclusioni e prescrizioni***

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare.

In caso di piena, con 200 anni di tempo di ritorno, solo se si verificasse uno sfondamento arginale l'acqua del fiume penetrerebbe nella buca; in tale caso eventuali franamenti delle sponde non sarebbero pericolosi non essendovi alcun insediamento o infrastruttura nei dintorni.

Il confine Nord dell'area corrisponde al bordo della fascia B di progetto, inoltre è in prossimità di un canale di bonifica. La profondità notevole della buca di scavo potrebbe creare franamenti indesiderati.

Tutto ciò considerato si ritiene che l'area di cava debba avere il ciglio Nord a 20 m dalla strada a lato del canale di bonifica, circa in corrispondenza del bordo della fascia B di progetto, e la scarpata di scavo in tale zona debba avere una pendenza non superiore al 50%.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE7**

**Comune:** Teglio

**Località:** Roncasc

**CTR:** C3e2

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 354÷355 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 7 m
- Profondità della falda: mediamente 4,50 m dal p.c.; le prove penetrometriche l'hanno individuata a 2,50÷5,00 m di profondità.
- Superficie: 16.524 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B di sponda destra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale.

Nel 1987 nell'area in esame non c'è stata esondazione, ma il livello di colmo l'ha quasi raggiunta. Il ciglio spondale in destra è a quota 353,85 m s.l.m. (vedi sezione a allegata); il thalweg è (circa) a quota 351,20 m s.l.m. (vedi sezione a allegata).

La falda è all'incirca a quota 352 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda in condizioni di magra del fiume; in condizioni di piena ovviamente si inverte il verso del flusso; non risulta sia oggetto di sfruttamento a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 347÷348 m s.l.m., pertanto è abbondantemente al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 2÷3 m nell'area estrattiva.

**Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame non è certo la sicurezza al sifonamento. Tut-

tavia, per completezza, si effettua come nei casi precedenti, la verifica in funzione del gradiente idraulico  $i$  e della granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 870 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- 355,40 m s.l.m., livello in Adda, la corrente entra nella buca, sicchè non ha senso alcuna verificare le filtrazioni.

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni  $Q \cong 580 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 354 m s.l.m.)

$$\Delta h \cong 354 - 352 = 2 \text{ m}$$

Pertanto, essendo

$$L \cong 50 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,04$$

I depositi sono ghiaio-sabbiosi. In materiali di questo tipo, il gradiente trovato è di tutta sicurezza. In realtà l'eventuale sifonamento interessa poco, visto che la cava è isolata.

### ***Velocità dell'acqua nell'area di esondazione***

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2,3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  (=  $c_c$ ,  $c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0,25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) \cdot 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) \cdot 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE7 è riportato il rilievo topografico della piana e in tav.2-B8-ATE7 la sezione trasversale  $a$  in corrispondenza dell'area di cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nella sezione  $a$ :

$$q = 355,40 \text{ m s.l.m.}$$

$$f_c = 520 \quad \text{per il filone centrale} \quad (96\%)$$

$$f_g = 20 \quad \text{per l'area d'allagamento} \quad (4\%)$$

In definitiva il contributo attuale dell'area d'allagamento al deflusso della piena è molto modesto.

Essendo:

$$A_{c,a} = 466 \text{ m}^2$$

$$A_{g,a} = 219 + 232 = 451 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_{c,a} = 1,0 \text{ m/s}$$

$$V_{g,a} = 0,1 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è molto modesta, quindi non è pericolosa.



### ***Capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 3 * 16.524 = 0,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore modesto.

### ***Conclusioni e prescrizioni***

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare (pendenza dell'ordine dello 0,1%).

In caso di piena, con 200 anni di tempo di ritorno (ma anche di maggior frequenza), l'acqua del fiume penetrerebbe nella buca; eventuali franamenti delle sponde non sarebbero pericolosi non essendovi alcun insediamento o infrastruttura.

Il confine Nord dell'area corrisponde al bordo della fascia B è in prossimità di rilevato di una strada campestre. La profondità notevole della buca di scavo potrebbe creare franamenti indesiderati.

Tutto ciò considerato si ritiene che l'area di cava debba avere il ciglio Nord a 20 m dalla strada, circa in corrispondenza del bordo della fascia B di progetto, e la scarpata di scavo in tale zona debba avere una pendenza non superiore al 50%.

Come detto, si tratta di un'area in fregio ad un tronco fluviale dove si ha tendenza al deposito; un eventuale innalzamento del letto potrebbe causare uno sfondamento della barriera di terreno fra il fiume e la cava, quando questa è "aperta". Si ritiene quindi prudente prescrivere che la cava venga coltivata in avanzamento, mantenendo un fronte lato fiume di ampiezza non superiore a 150 m e provvedendo al ritombamento progressivo della buca circa fino al piano campagna attuale.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE8**

**Comune:** Castello dell'Acqua

**Località:** Pradasc

**CTR:** C3e2

**Caratteristiche delle n.3 aree estrattive:**

- Quota p.c. 354; 354,5; 354 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 6; 6; 6 m
- Profondità della falda: mediamente 3 m dal p.c.; le prove penetrometriche l'hanno individuata a 2,50 m di profondità.
- Superficie:  $8.459 + 13.793 + 41.567 = 63.819 \text{ m}^2$

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B di sponda sinistra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale.

Nel 1987 nell'area in esame non c'è stata esondazione, ma il livello di colmo l'ha quasi raggiunta.

Il ciglio spondale in sinistra è a quota 355,73 m s.l.m. (vedi sezione a allegata); il thalweg è (circa) a quota 351,50 m s.l.m. (vedi sezione a allegata).

La falda è all'incirca a quota 351,50 m s.l.m., e tendenzialmente è alimentata dall'Adda sia in condizioni di magra del fiume sia in condizioni di piena; non risulta sia oggetto di sfruttamento a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 348 m s.l.m., pertanto è abbondantemente al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 2 m nell'area estrattiva.

**Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame non è certo la sicurezza al sifonamento. Tut-

tavia, per completezza, si effettua come nei casi precedenti, la verifica in funzione del gradiente idraulico  $i$  e della granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 870 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- 356,60 m s.l.m., livello in Adda, la corrente entra nella buca, sicchè non ha senso alcuno verificare le filtrazioni.

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni:  $Q \cong 580 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 355,50 m s.l.m.)

$$\Delta h \cong 355,50 - 351,50 = 4 \text{ m}$$

Pertanto, essendo

$$L \cong 50 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,08$$

Le prove penetrometriche danno le seguenti indicazioni: fino a 1,50 m di profondità si hanno materiali sabbio-limosi ( $N < 10$  colpi;  $R_p < 10 \text{ kg/cm}^2$ ); da 1,50 m a 3 m vi sono materiali ghiaio-sabbiosi ( $N > 15$  colpi;  $R_p > 40 \text{ kg/cm}^2$ ); al di sotto di 3 m si possono trovare anche materiali fini. Visto che nei dintorni della cava non vi sono insediamenti o strutture importanti, il gradiente trovato è accettabile per materiali di questo tipo. In realtà, come detto, l'eventuale sifonamento interessa poco, visto che la cava è isolata.

### ***Velocità dell'acqua nell'area di esondazione***

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2/3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  ( $= c_c, c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0,25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE8 è riportato il rilievo topografico della piana e in tav.2-B8-ATE8 la sezione trasversale  $a$  in corrispondenza dell'area di cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nella sezione  $a$ :

$$q = 356,60 \text{ m s.l.m.}$$

$$f_c = 939 \quad \text{per il filone centrale} \quad (99\%)$$

$$f_g = 10 \quad \text{per l'area d'allagamento} \quad (1\%)$$

In definitiva il contributo attuale dell'area d'allagamento al deflusso della piena è trascurabile.

Essendo:

$$A_{c,a} = 430 \text{ m}^2$$

$$A_{g,a} = 82 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_{c,a} = 2,0 \text{ m/s}$$

$$V_{g,a} = 0,1 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è molto modesta, quindi non è pericolosa.

### **Capacità di invaso - laminazione**

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 3 * 16.524 = 0,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore modesto.

### **Conclusioni**

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare (pendenza dell'ordine dello 0,1%).

In caso di piena, con 200 anni di tempo di ritorno, l'acqua del fiume penetrerebbe nella buca; eventuali franamenti delle sponde non sarebbero particolarmente pericolosi, non essendovi alcun insediamento o infrastruttura. Tuttavia, come detto, si tratta di un'area in fregio ad un tronco fluviale dove si ha tendenza al deposito; un eventuale innalzamento del letto potrebbe causare uno sfondamento della barriera di terreno fra il fiume e la cava, quando questa è "aperta". Si ritiene quindi prudente prescrivere che la cava venga coltivata in avanzamento, mantenendo un fronte lato fiume di ampiezza non superiore a 150 m e provvedendo al ritombamento progressivo della buca circa fino al piano campagna attuale.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE9**

**Comune:** Teglio

**Località:** Case al Piano

**CTR:** D3a2

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 365 m s.l.m. <sup>1)</sup>
- Profondità max di scavo: 6 m
- Profondità della falda: 2 m dal p.c. come individuata dalle prove penetrometriche.
- Superficie: 67.511 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia A e fascia B di progetto, di sponda destra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale, ma c'è una marcata tendenza al deposito in questo tronco fluviale.

Nell'area in esame non si hanno notizie di esondazione; probabilmente è stata allagata, almeno parzialmente del 1987.

Il ciglio spondale in destra è a quota 366 m s.l.m. (vedi sezione a allegata); il thalweg è (circa) a quota 361,20 m s.l.m. (vedi sezione a allegata).

La falda è all'incirca a quota 363 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda in condizioni di magra del fiume; in condizioni di piena ovviamente si inverte il verso del flusso; non risulta sia oggetto di sfruttamento a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 359 m s.l.m., pertanto è abbondantemente al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 3 m nell'area estrattiva.

---

<sup>1)</sup> Nota.

Si prende come riferimento la quota rilevata del piano campagna: vedi sezione Tav. 2-B8-ATE9.

### **Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame non è certo la sicurezza al sifonamento. Tuttavia, per completezza, si effettua come nei casi precedenti, la verifica in funzione del gradiente idraulico  $i$  e della granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 945 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- 366,52 m s.l.m., livello in Adda, la corrente entra nella buca, sicchè non ha senso alcuno verificare le filtrazioni.

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni:  $Q \cong 615 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 365,85 m s.l.m.)

$$\Delta h \cong 366 - 363 = 3 \text{ m}$$

Pertanto, essendo

$$L \cong 20 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,15$$

I depositi sono ghiaio-sabbiosi oltre 1,50 m fino a 3 m di profondità, talora con passaggi sabbio-limosi più in profondità. In materiali di questo tipo, il gradiente trovato non è di tutta sicurezza, ma in realtà l'eventuale sifonamento interessa poco, visto che la cava è lontana da fabbricati e infrastrutture significative.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2/3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  (=  $c_c$  ,  $c_g$  ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0,25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE9 è riportato il rilievo topografico della piena e in tav.2-B8-ATE9 la sezione trasversale  $a$  in corrispondenza dell'area di cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nella sezione  $a$ :

$$q = 355,40 \text{ m s.l.m.}$$

$$f_c = 606 \quad \text{per il filone centrale} \quad (55\%)$$

$$f_g = 505 \quad \text{per l'area d'allagamento} \quad (45\%)$$

In definitiva il contributo attuale dell'area d'allagamento al deflusso della piena è dell'ordine del 45%.

Essendo:

$$A_{c,a} = 269 \text{ m}^2$$

$$A_{g,a} = 1475 \text{ m}^2$$

si ottiene:



$$V_{c,a} = 1,8 \text{ m/s}$$

$$V_{g,a} = 0,3 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è molto modesta quindi non è pericolosa.

### ***Capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 3 * 16.524 = 0,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore modesto.

### ***Conclusioni e prescrizioni***

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare.

In caso di piena, con 200 anni di tempo di ritorno, l'acqua del fiume penetrerebbe nella buca; eventuali franamenti delle sponde non sarebbero pericolosi non essendovi alcun insediamento o infrastruttura.

Tutto ciò considerato si ritiene che l'area di cava non necessiti di particolari prescrizioni aggiuntive.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE10**

**Comune:** Teglio

**Località:** Ca' Moes

**CTR:** D3a2

**Caratteristiche delle aree estrattive:**

- Quota p.c. 369 m s.l.m. <sup>1)</sup>
- Profondità max di scavo: 5 ÷ 6 m
- Profondità della falda: mediamente 2,50÷3 m dal p.c.; le prove penetrometriche l'hanno individuata a 3; 2,90; 2,95 m di profondità.
- Superficie: 24.157 + 21.824 = 45.981 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia A di sponda destra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale.

Non si ha notizia se nel 1987 nell'area in esame vi sia stata esondazione, ma è possibile.

Il ciglio spondale in destra è a quota 370 m s.l.m. (vedi sezione *a* allegata); il thalweg è a quota 364,85 m s.l.m. (vedi sezione *a* allegata).

La falda è all'incirca a quota 366 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda in condizioni di magra del fiume; in condizioni di piena ovviamente si può invertire il verso del flusso; non risulta sia oggetto di sfruttamento a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 363 m s.l.m., pertanto è abbondantemente al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 3 m nell'area estrattiva.

---

<sup>1)</sup> Nota.

Si prende come riferimento la quota rilevata del piano campagna: vedi sezione Tav. 2-B8-ATE10.

### **Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame non è certo la sicurezza al sifonamento. Tuttavia, per completezza, si effettua come nei casi precedenti, la verifica in funzione del gradiente idraulico  $i$  e della granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 985 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- 369,60 m s.l.m., livello in Adda, la corrente entra nella buca, sicché non ha senso alcuna verificare le filtrazioni.

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni:  $Q \cong 660 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 369 m s.l.m.)

$$\Delta h \cong 369 - 366 = 3 \text{ m}$$

Pertanto, essendo

$$L \cong 20 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,15$$

I depositi sono ghiaio-sabbiosi oltre 0÷2 m di profondità, con qualche passaggio limoso. In materiali di questo tipo, il gradiente trovato non è di tutta sicurezza, ma in realtà l'eventuale sifonamento interessa poco, visto che la cava è lontana da fabbricati e infrastrutture significative.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2/3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  (=  $c_c$ ,  $c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0,25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE10/11 è riportato il rilievo topografico della piana e in tav.2-B8-ATE10/11 la sezione trasversale  $a$  in corrispondenza dell'area di cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nella sezione  $a$ :

$$q = 369,60 \text{ m s.l.m.}$$

$$f_c = 561 \quad \text{per il filone centrale} \quad (84\%)$$

$$f_g = 111 \quad \text{per l'area d'allagamento} \quad (16\%)$$

In definitiva il contributo attuale dell'area d'allagamento al deflusso della piena è dell'ordine del 16%.

Essendo:

$$A_c = 285 \text{ m}^2$$

$$A_g = 558 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_c = 2,9 \text{ m/s}$$

$V_g = 0,3 \text{ m/s}$

La velocità  $V_g$  è molto modesta, quindi non è pericolosa.

### ***Capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 3 * 45.981 = 0,14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore non molto elevato, ma significativo.

### ***Conclusioni e prescrizioni***

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare (pendenza media inferiore allo 0,2%).

In caso di piena, con 200 anni di tempo di ritorno, l'acqua del fiume penetrerebbe nella buca; eventuali franamenti delle sponde non sarebbero particolarmente pericolosi non essendovi alcun insediamento o infrastruttura. Tuttavia, come detto, si tratta di un'area in fregio ad un tronco fluviale dove si ha tendenza al deposito; un eventuale innalzamento del letto potrebbe causare uno sfondamento della barriera di terreno fra il fiume e la cava, quando questa è "aperta". Si ritiene quindi prudente prescrivere che la cava venga coltivata in avanzamento, mantenendo un fronte lato fiume di ampiezza non superiore a 150 m e provvedendo al ritombamento progressivo della buca circa fino al piano campagna attuale.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE11**

**Comune:** Teglio

**Località:** Saleggio

**CTR:** D3a2

**Caratteristiche delle aree estrattive:**

- Quota p.c. 369 m s.l.m. <sup>1)</sup>
- Profondità max di scavo: 5 m
- Profondità della falda: le prove penetrometriche l'hanno individuata a 2,00÷2,50 m di profondità dal p.c.
- Superficie:  $59.197 + 25.018 = 84.215 \text{ m}^2$

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia A-B di sponda sinistra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale.

Non si ha notizia se nel 1987 nell'area in esame vi sia stata esondazione, ma è probabile.

Il ciglio spondale in sinistra è a quota 368,76 m s.l.m. (vedi sezione a allegata); il thalweg è a quota 364,85 m s.l.m. (vedi sezione a allegata).

La falda è all'incirca a quota 367 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda in condizioni di magra del fiume; in condizioni di piena ovviamente si può invertire il verso del flusso; non risulta sia oggetto di sfruttamento a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 364 m s.l.m., pertanto è al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 3 m nell'area estrattiva.

---

<sup>1)</sup> Nota.

Si prende come riferimento la quota rilevata del piano campagna: si veda la sezione di Tav. 2-B8-ATE11.

### **Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame non è certo la sicurezza al sifonamento. Tuttavia, per completezza, si effettua come nei casi precedenti, la verifica in funzione del gradiente idraulico  $i$  e della granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 985 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:

- 369,60 m s.l.m., livello in Adda, la corrente entra nella buca, sicchè non ha senso alcuna verificare le filtrazioni.

In condizioni più ricorrenti (tempo di ritorno di 20 anni:  $Q \cong 660 \text{ m}^3/\text{s}$ ; livello in Adda a 369 m s.l.m., circa pari alla quota del ciglio spondale):

$$\Delta h \cong 369 - 367 = 2 \text{ m}$$

Pertanto, essendo

$$L \cong 20 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,10$$

I depositi sono ghiaio-sabbiosi, come indicano le prove penetrometriche. In materiali di questo tipo il gradiente trovato è accettabile; comunque l'eventuale sifonamento interessa poco, visto che la cava è lontana da fabbricati e infrastrutture significative.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2/3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  (=  $c_c$ ,  $c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0,25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) \cdot 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) \cdot 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE10/11 è riportato il rilievo topografico della piena e in tav.2-B8-ATE10/11 la sezione trasversale  $a$  in corrispondenza dell'area di cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nella sezione  $a$ :

$$q = 369,60 \text{ m s.l.m.}$$

$$f_c = 561 \quad \text{per il filone centrale} \quad (84\%)$$

$$f_g = 111 \quad \text{per l'area d'allagamento} \quad (16\%)$$

In definitiva il contributo attuale dell'area d'allagamento al deflusso della piena è dell'ordine del 16%.

Essendo:

$$A_{c,a} = 285 \text{ m}^2$$

$$A_{g,a} = 558 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_{c,a} = 2,9 \text{ m/s}$$



$$V_{g,a} = 0,3 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è molto modesta, quindi non è pericolosa.

### **Capacità di invaso - laminazione**

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 2,5 * 84.215 = 0,21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore non trascurabile.

Circa equivalente, dal punto di vista della laminazione, è l'ipotesi che prevede l'ampliamento della sezione fluviale, come indicato in Tav.1-B8-ATE10/11:

- ipotesi 1 – ATE11:  $\Delta W \cong 2,5 * 96.437 = 0,24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

- ipotesi 2 – ATE11:  $\Delta W \cong 2,5 * 66.212 = 0,17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

### **Conclusioni e prescrizioni**

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare (pendenza media inferiore allo 0,2%).

In caso di piena, con 200 anni di tempo di ritorno (ma anche di maggior frequenza), l'acqua del fiume penetrerebbe nella buca; eventuali franamenti delle sponde non sarebbero particolarmente pericolosi non essendovi alcun insediamento o infrastruttura. Tuttavia, come detto, si tratta di un'area in fregio ad un tronco fluviale dove si ha tendenza al deposito; un eventuale innalzamento del letto potrebbe causare uno sfondamento della barriera di terreno fra il fiume e la cava, quando questa è "aperta". Si ritiene quindi prudente prescrivere che la cava venga coltivata in avanzamento, mantenendo un fronte lato fiume di ampiezza non superiore a 150 m e provvedendo al ritombamento progressivo della buca circa fino al piano campagna attuale.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

Bacino di Produzione: B8

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE12

Comune: Teglio

Località: Calcarola

CTR: D3a2

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 378 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 6 m
- Profondità della falda: le prove penetrometriche l'hanno individuata a 1,50 m di profondità dal p.c.
- Superficie: 26.828 m<sup>2</sup>

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B di sponda sinistra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale.

Non si ha notizia se nel 1987 nell'area in esame vi sia stata esondazione.

Il ciglio spondale in sinistra è a quota 378,23 m s.l.m. (vedi sezione a allegata); il thalweg è a quota 372,96 m s.l.m. (vedi sezione a allegata).

La falda è all'incirca a quota 376 m s.l.m., secondo le indicazioni delle indagini penetrometriche, quindi alimenta l'Adda; non risulta sia oggetto di sfruttamento a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 372 m s.l.m., pertanto è al di sotto del thalweg dell'Adda.

I Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po richiederebbero la limitazione della profondità di scavo per ottenere il franco di 1 m al di sopra della quota del thalweg; di conseguenza la profondità massima di escavazione diverrebbe non superiore a circa 4 m nell'area estrattiva.

**Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame non è certo la sicurezza al sifonamento. Tuttavia, per completezza, si effettua come nei casi precedenti, la verifica in funzione del gradiente idraulico  $i$  e della granulometria.

Il gradiente è:

$$i = \Delta h/L$$

dove:  $\Delta h$  è il dislivello fra pelo libero in Adda e livello falda nello scavo;  $L$  è la distanza fra lo scavo e l'Adda.

In occasione di una piena con tempo di ritorno 200 anni ( $Q \cong 855 \text{ m}^3/\text{s}$ ) è:  
- 376,40 m s.l.m., livello in Adda.

In condizioni di magra, con livello in Adda a 373 m s.l.m.:

$$\Delta h \cong 376 - 373 = 3 \text{ m}$$

Pertanto, essendo

$$L \cong 20 \text{ m}$$

si ottiene

$$i \leq 0,15$$

I depositi sono ghiaio-sabbiosi come indicano le prove penetrometriche ( $N > 30$  colpi;  $R_p > 100 \text{ kg/cm}^2$ ). In materiali di questo tipo, il gradiente trovato è accettabile; comunque l'eventuale sifonamento interessa poco, visto che la cava è lontana da fabbricati e infrastrutture significative.

### ***Velocità dell'acqua nell'area di esondazione***

La piena è contenuta in alveo; ciò significa che una eventuale esondazione dell'Adda su tutta la piana proverrebbe da monte con velocità modesta.

### ***Capacità di invaso - laminazione***

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto, in caso di eventuale esondazione.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 2,0 * 26.828 = 0,05 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore modesto.

### ***Conclusioni e prescrizioni***

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare; l'alveo inciso appare sufficiente a contenere la piena; in caso di esondazione, eventuali fra-

namenti delle sponde della buca non sarebbero pericolosi non essendovi alcun insediamento o infrastruttura.

Sarà solo necessario un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE13**

**Comune:** Bianzone

**Località:** Ranée

**CTR:** D3a2

**Caratteristiche delle aree estrattive:**

- Quota p.c. 384,5 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 5 m
- Profondità della falda: le prove penetrometriche l'hanno individuata a 1,10-1,50 m di profondità dal p.c.
- Superficie:  $18.096 + 43.376 = 61.472 \text{ m}^2$

**Vincolo idraulico (TIPO 1):** fascia B di sponda destra dell'ADDA.

Non è prevista la riattivazione di percorsi fluviali al di fuori dell'alveo attuale.

Non si ha notizia se nel 1987 nell'area in esame vi sia stata esondazione.

Il ciglio spondale in destra è a quota 388,85 m s.l.m. (vedi sezione a allegata); il thalweg è (circa) a quota 374,50 m s.l.m. (vedi sezione a allegata).

La falda è all'incirca a quota 383 m s.l.m., e tendenzialmente alimenta l'Adda; non risulta sia oggetto di sfruttamento a fini idropotabili.

Lo scavo previsto raggiunge quota 379,5 m s.l.m., pertanto è al di sopra del thalweg dell'Adda, ben oltre il metro indicato dai Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

**Sifonamento**

L'elemento di crisi più significativo nel caso in esame non è certo la sicurezza al sifonamento.

I depositi sono ghiaio-sabbiosi come indicano le prove penetrometriche; comunque l'eventuale sifonamento interessa poco, visto che la cava è lontana da fabbricati e infrastrutture significative.

### **Velocità dell'acqua nell'area di esondazione**

Nel caso di esondazione dell'Adda su tutta la piana, la velocità dell'acqua a monte dell'area scavata è di seguito stimata.

Per stimare la velocità di scorrimento nella piana si è effettuata una semplice valutazione delle capacità di portata dell'intera sezione bagnata, dentro e fuori alveo. In sostanza, essendo:

$$Q_i = A_i \cdot c_i \cdot R_i^{2/3} \sqrt{J}$$

$$Q = Q_c + Q_g$$

$Q_c$  = portata nel filone centrale

$Q_g$  = portata nelle aree dell'allagamento

$c_i$  (=  $c_c$ ,  $c_g$ ) coefficienti di scabrezza:  $c_c$  = filone centrale;  $c_g$  = area di allagamento

imponendo:  $J = \text{cost}$ ; una quota unica del livello idrico su tutta la sezione; la scabrezza dell'area d'allagamento quattro volte superiore a quella dell'alveo principale (con ciò si tiene conto anche della presenza di vari ostacoli al deflusso); si ottiene la relazione:

$$f = \frac{Q}{\sqrt{J \cdot c_c}} = A_c R_c^{2/3} + 0,25 A_g \cdot R_g^{2/3}$$

in cui sono evidenziati i contributi  $f_i$  - allo smaltimento della piena - delle due aree, in funzione esclusivamente delle caratteristiche geometriche (topografia e livello di piena).

Di conseguenza si ricavano le velocità:

$$V_c = f_c / (f_c + f_g) * 1560 / A_c$$

$$V_g = f_g / (f_c + f_g) * 1560 / A_g$$

In tav.1-B8-ATE13 è riportato il rilievo topografico della piana e in tav.2-B8-ATE13 la sezione trasversale  $a$ , un poco a valle dell'area di cava.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il livello di piena relativo alla fascia B, nella sezione  $a$ , con  $Q_{200} = 850 \text{ m}^3/\text{s}$ :

$q = 383,00$  m s.l.m.

$f_c = 1429$  per il filone centrale (89%)

$f_g = 175$  per l'area d'allagamento (11%)

In definitiva il contributo attuale dell'area d'allagamento al deflusso della piena è dell'ordine dell'11%.

Essendo:

$$A_c = 527 \text{ m}^2$$

$$A_g = 533 \text{ m}^2$$

si ottiene:

$$V_{c,a} = 1,4 \text{ m/s}$$

$$V_{g,a} = 0,2 \text{ m/s}$$

La velocità  $V_g$  è molto modesta, quindi non è pericolosa.

### **Capacità di invaso - laminazione**

Si è calcolato l'incremento dell'invaso della fascia B per effetto della cava in progetto.

L'invaso aggiuntivo dell'area di cava proposta è  $\Delta W \cong 1 * 61.472 = 0,06 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; valore piuttosto modesto.

### **Conclusioni e prescrizioni**

L'area di cava è posta a lato di un tronco fluviale in cui è marcata la tendenza a depositare, avendo una pendenza media 0,40% valutata su 1,5 km di tronco fluviale.

In caso di piena, con 200 anni di tempo di ritorno, l'acqua del fiume potrebbe penetrare nella buca; eventuali franamenti delle sponde non sarebbero particolarmente pericolosi non essendovi alcun insediamento o infrastruttura significativa. Peraltro i valori della velocità di scorrimento in piena sono modesti. Tuttavia, come detto, si tratta di un'area in fregio ad un tronco fluviale dove si ha tendenza al deposito; un eventuale innalzamento del letto potrebbe causare uno sfondamento della barriera di terreno fra il fiume e la cava, quando questa è "aperta". Si ritiene quindi prudente prescrivere che la cava venga coltivata in avanzamento, mantenendo un fronte lato fiume di ampiezza non superiore a 150 m e provvedendo al ritombamento progressivo della buca circa fino al piano campagna attuale.

La concessione dovrà essere condizionata alla presentazione di un Piano della sicurezza relativo all'aspetto idraulico per la cava che tenga conto delle misure da adottare in occasione di eventi di piena.

Bacino di Produzione: B8

Ambito Territoriale Estrattivo: ATE14

Comune: Grosio

Località: Vernuga

CTR: D2c4

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 760÷870 m s.l.m.
- Profondità della falda: non c'è falda a profondità comparabile con la profondità di scavo
- Superficie: 48.406 m<sup>2</sup>

**Vincolo (TIPO 2):** R.D.3276/23; L.183/89

Non ci sono problematiche di falda, che peraltro non risulta abbia un utilizzo ai fini di approvvigionamento idropotabile.

Per indicazioni e prescrizioni si rimanda a quanto detto nelle premesse.



**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE15**

**Comune:** Livigno

**Località:** Dardaglino

**CTR:** D1b2 – D1b3

**Caratteristiche delle n.2 aree estrattive:**

- Quota p.c. 1830÷1900; 1825÷1920 m s.l.m.
- Profondità della falda: non c'è falda a profondità comparabile con la profondità di scavo
- Superficie:  $25.321 + 41.040 = 66.361 \text{ m}^2$

**Vincoli (TIPO 2):** R.D.3276/23; L.183/89

Non ci sono problematiche di falda, che peraltro non risulta abbia un utilizzo ai fini di approvvigionamento idropotabile.

La Proposta di Piano elaborata dagli Uffici della Provincia prevede studi specialistici: idraulico, trasporto solido, valanghivo.

Per ulteriori indicazioni e prescrizioni si rimanda a quanto detto nelle premesse.

**Bacino di Produzione: B8**

**Ambito Territoriale Estrattivo: ATE16**

**Comune:** Chiesa Valmalenco

**Località:** Sabbionaccio

**CTR:** C2c4 – C2d4

**Caratteristiche dell'area estrattiva:**

- Quota p.c. 1414 m s.l.m.
- Profondità max di scavo: 4 m
- Profondità della falda: 6 m
- Superficie: 6.046 m<sup>2</sup>

**Vincoli:** sono sostanzialmente di tipo paesaggistico-ambientale.

Non ci sono significative problematiche di tipo idraulico.

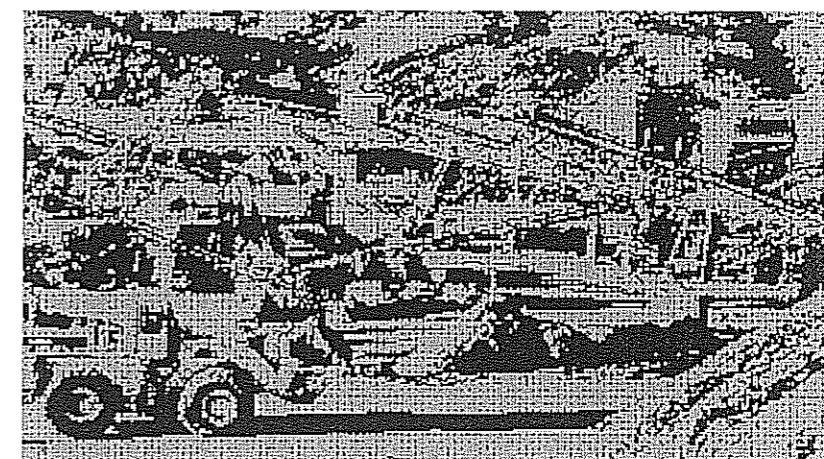
Non ci sono problematiche di falda, che peraltro non risulta abbia un utilizzo ai fini di approvvigionamento idropotabile.



PROVINCIA DI SONDRIO

## PIANO CAVE PROVINCIALE

*Settore Inerti*



PROGETTO DI PIANO CAVE PROVINCIALE

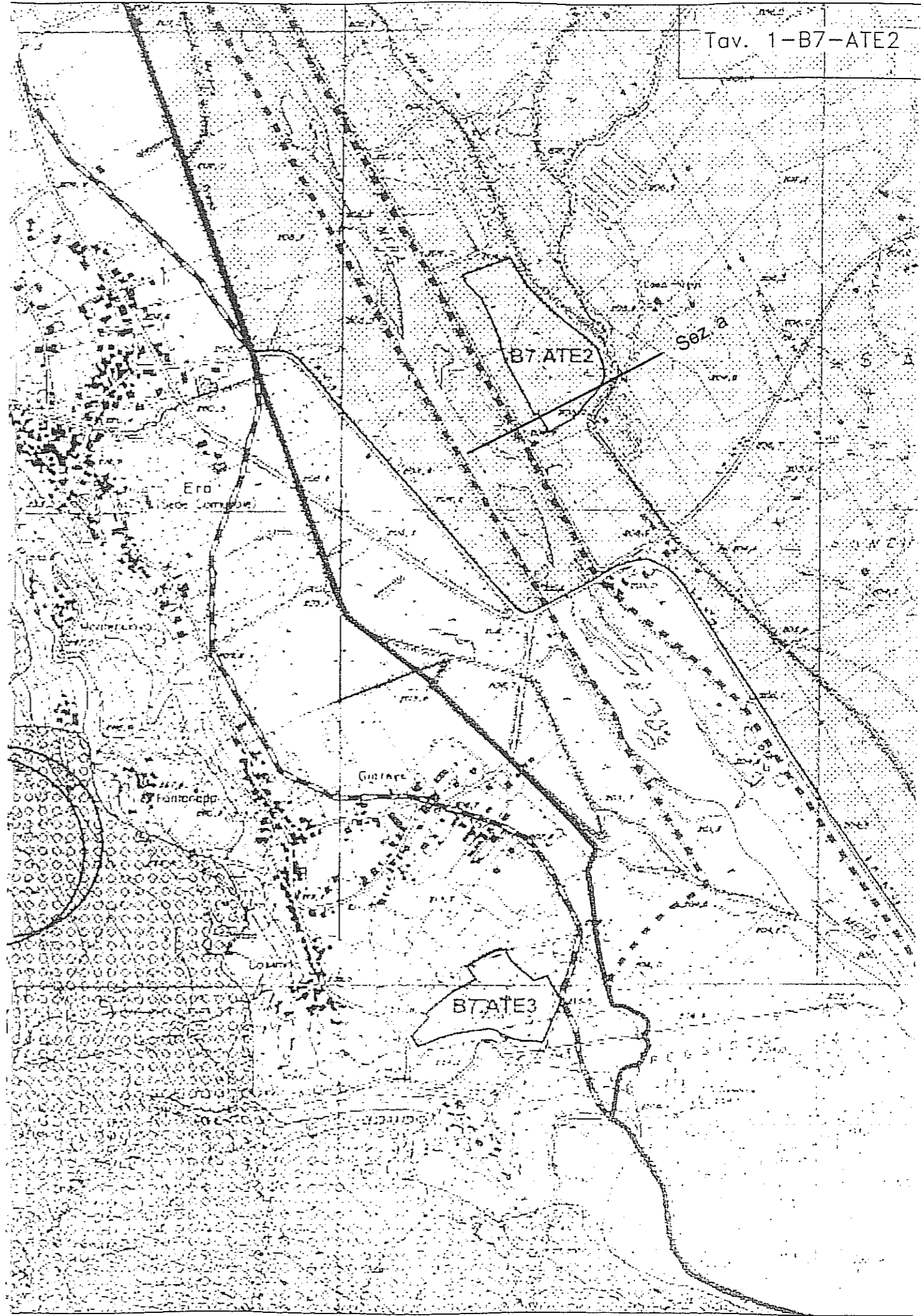
**STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

ALLEGATI ALLA RELAZIONE

Prof. Ing. SILVIO FRANZETTI  
Via M. Resegone, 16  
20090 - SEGRATE (MILANO)

DATA: NOVEMBRE 2003

Prof. Ing. SILVIO FRANZETTI - Via Monte Resegone, 16 - 20090 Segrate (Mi.) - tel.02/2136164 - fax :02/2133628



SEZIONE a

Tav. 2-B7-ATE2

q 200 = ~ 209.40

A<sub>g</sub> m<sup>2</sup> 4830.6  
C<sub>g</sub> m 1351.7

A<sub>c</sub> m<sup>2</sup> 648.9  
C<sub>c</sub> m 129.7

q 200 = ~ 206.80

A<sub>g</sub> m<sup>2</sup> 1333.6  
C<sub>g</sub> m 1346.5

A<sub>c</sub> m<sup>2</sup> 335.3  
C<sub>c</sub> m 124.5

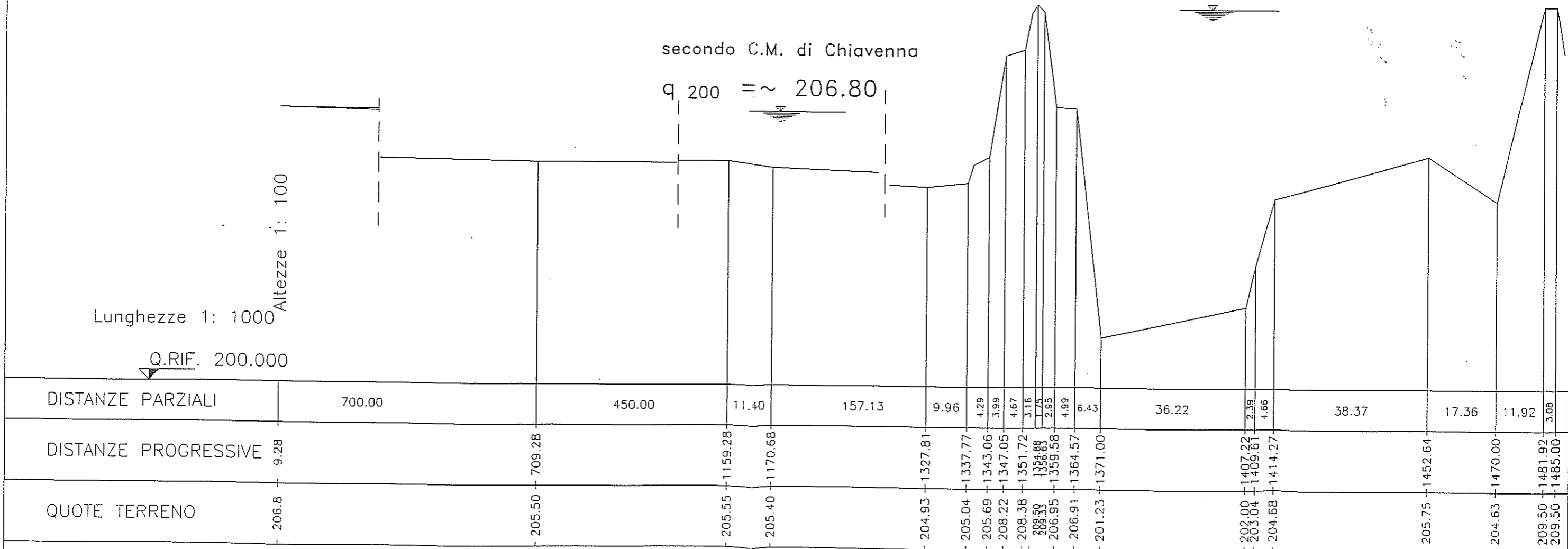
secondo Autorità di Bacino  
q 200 = ~ 209.40

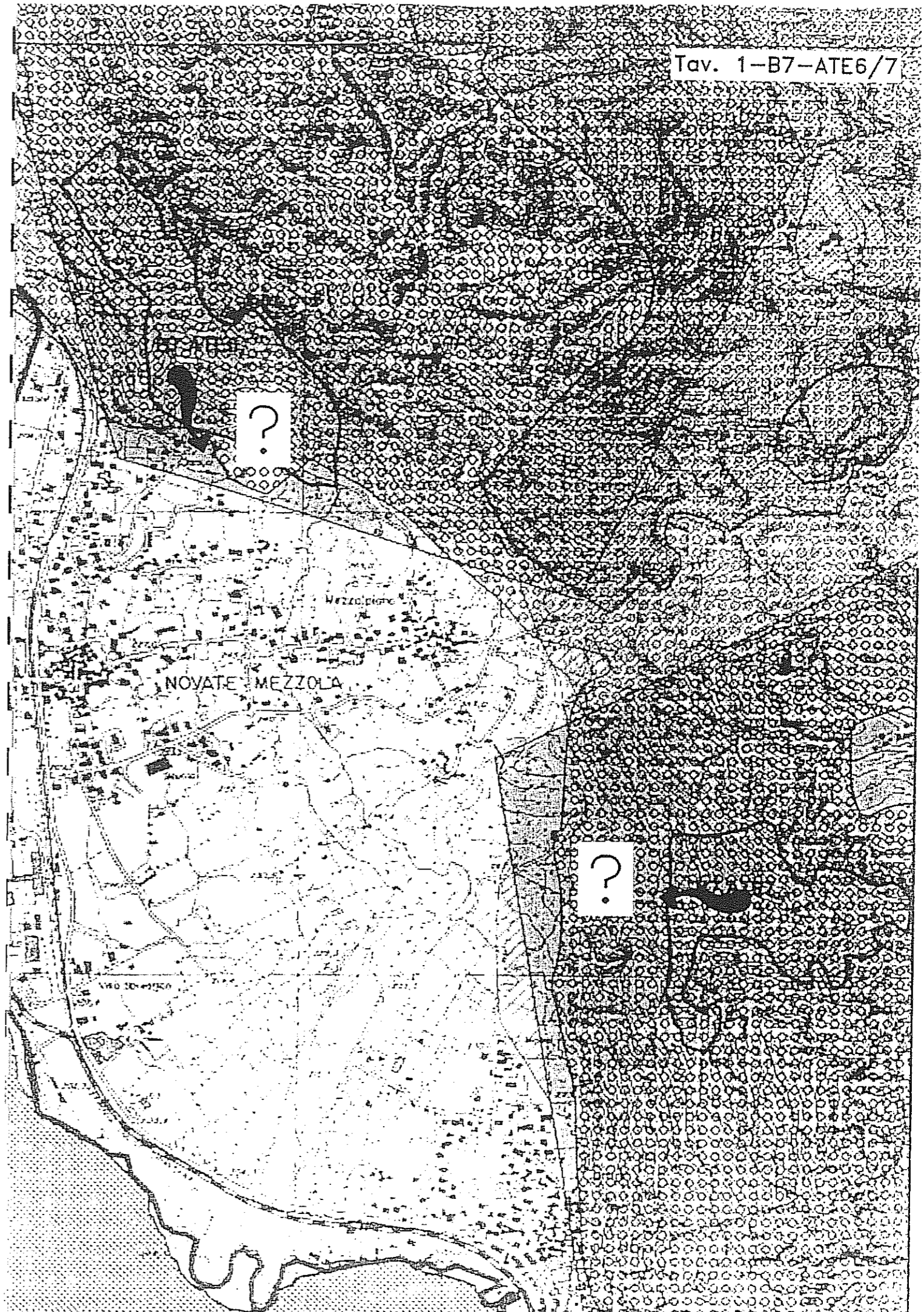
secondo C.M. di Chiavenna

q 200 = ~ 206.80

Altezze i: 100  
Lunghezze 1: 1000

Q.RIF. 200.000

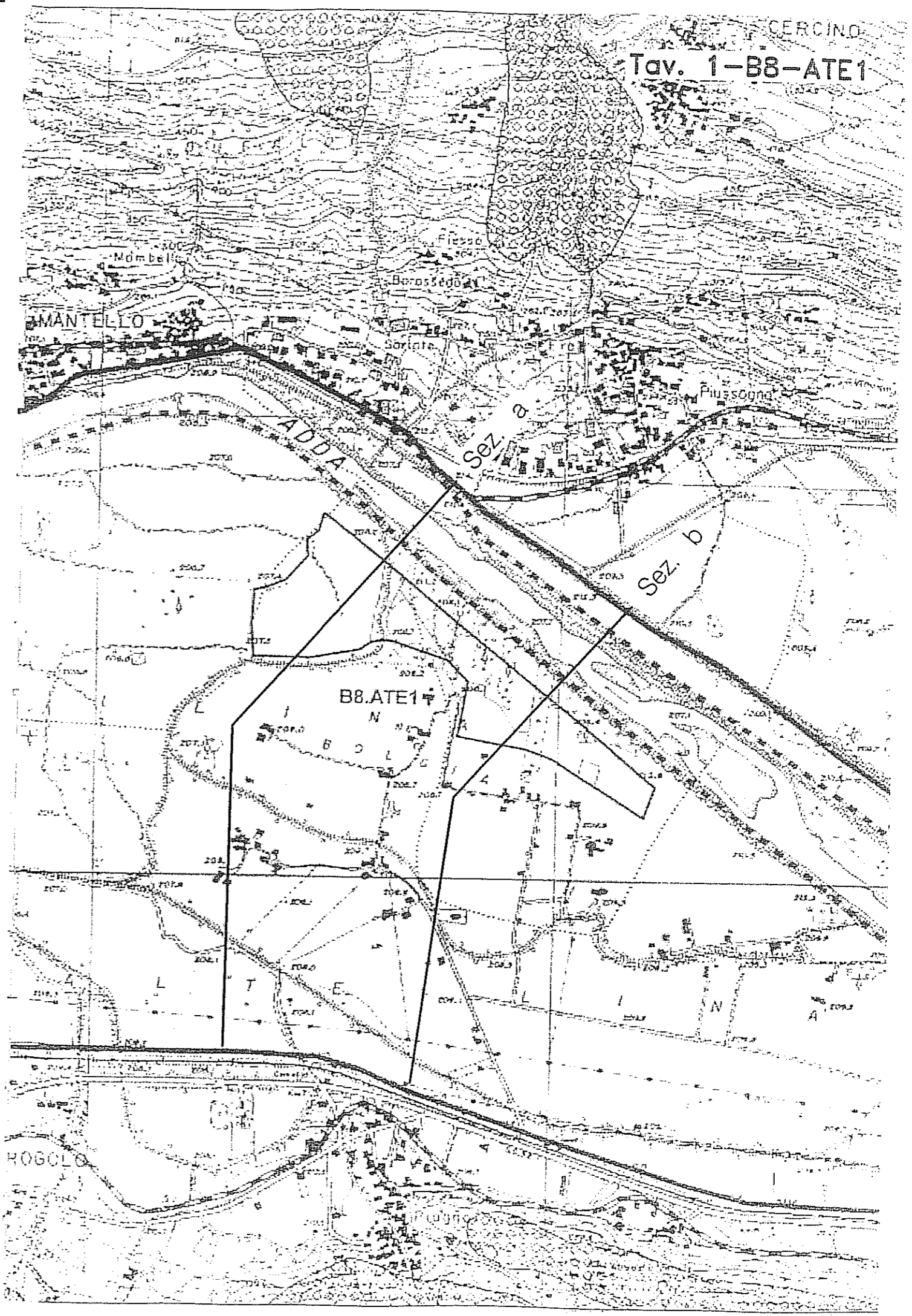




?

NOVATE MEZZOLA

?



SEZIONE a

$A_g \text{ m}^2 \text{ 1301.6}$

$A_c \text{ m}^2 \text{ 334.5}$

$C_g \text{ m 1235.8}$

$C_c \text{ m 77.7}$

$q_{200} \approx 208.90$

Altezze 1: 100  
Lunghezze 1: 2000  
Q.RIF. 200.000





SEZIONE b

$A_g$  m<sup>2</sup> 1156.1

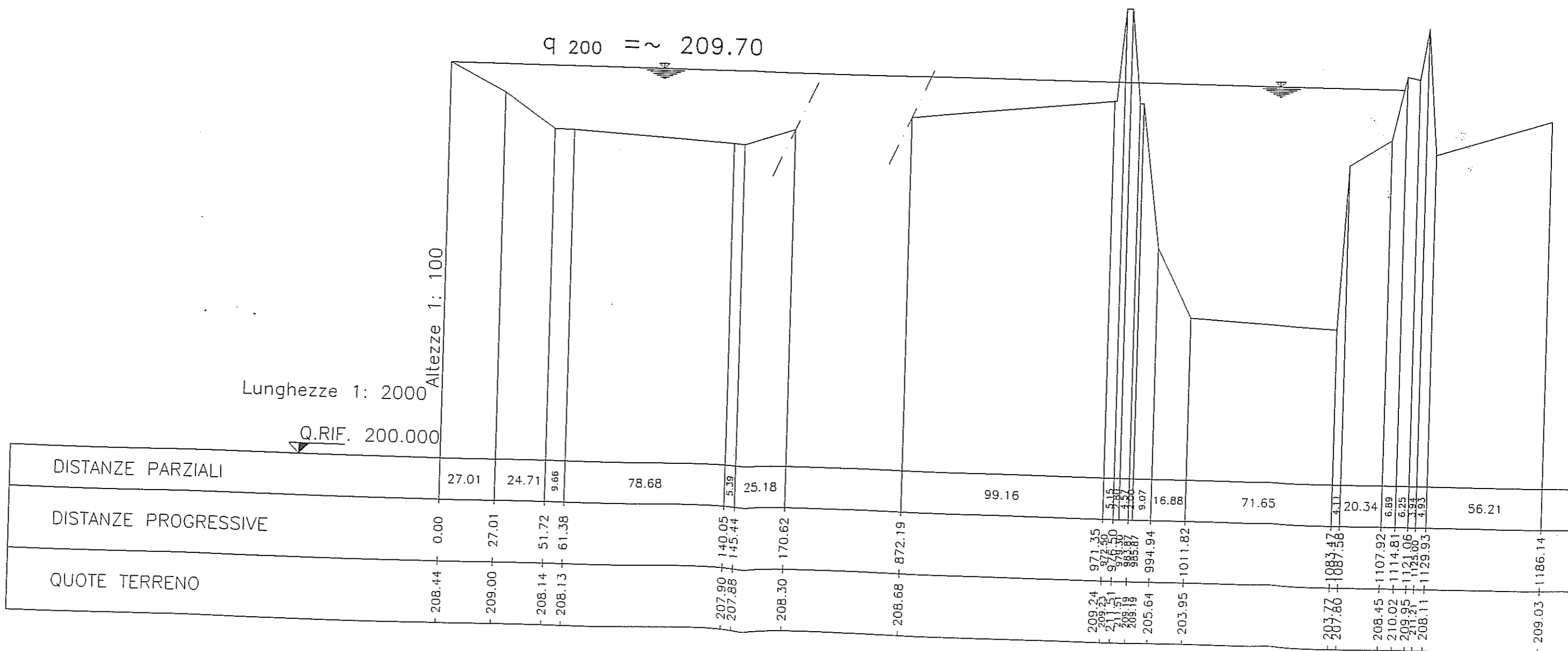
$A_c$  m<sup>2</sup> 577.3

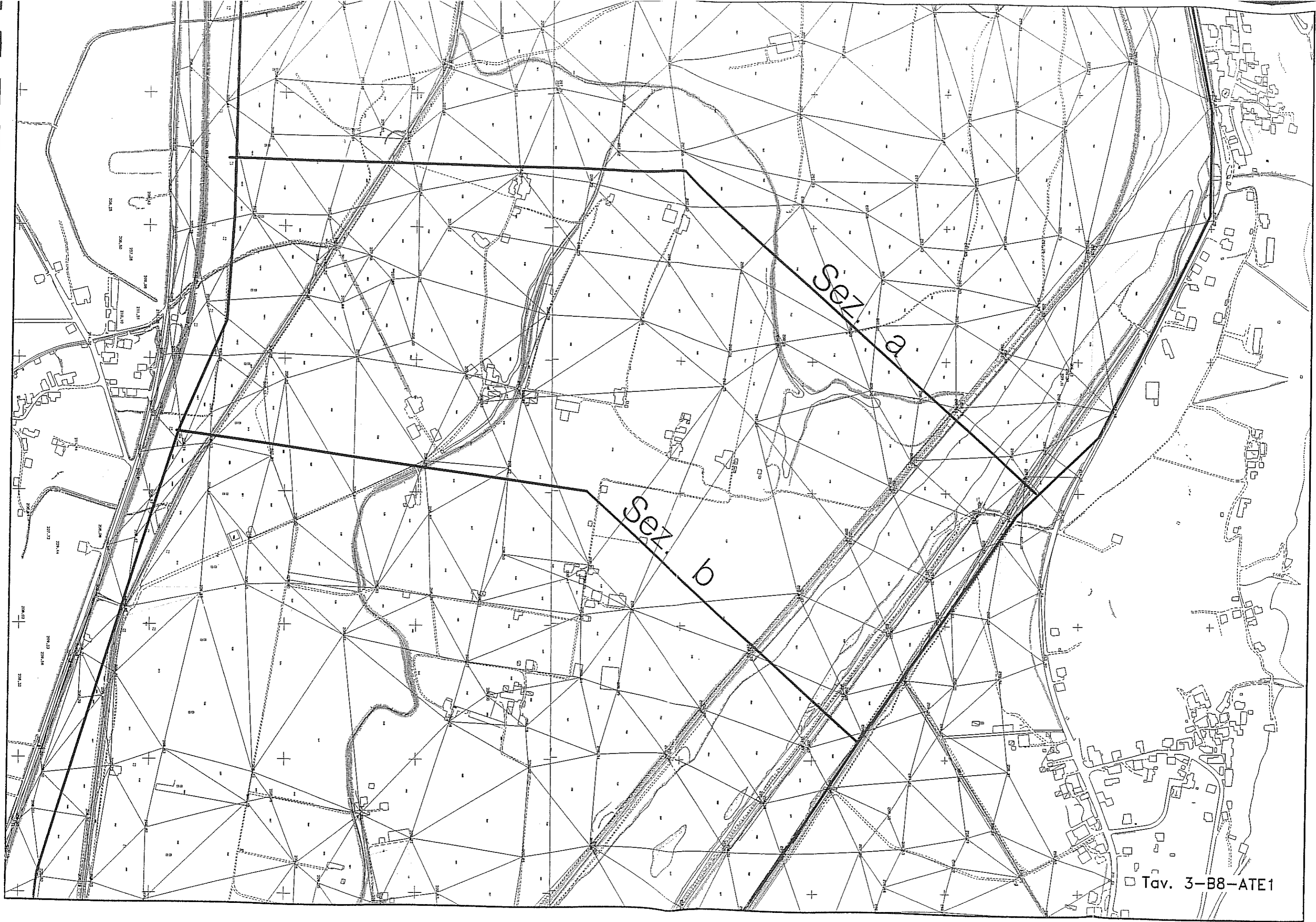
$C_g$  m 978.0

$C_c$  m 138.2

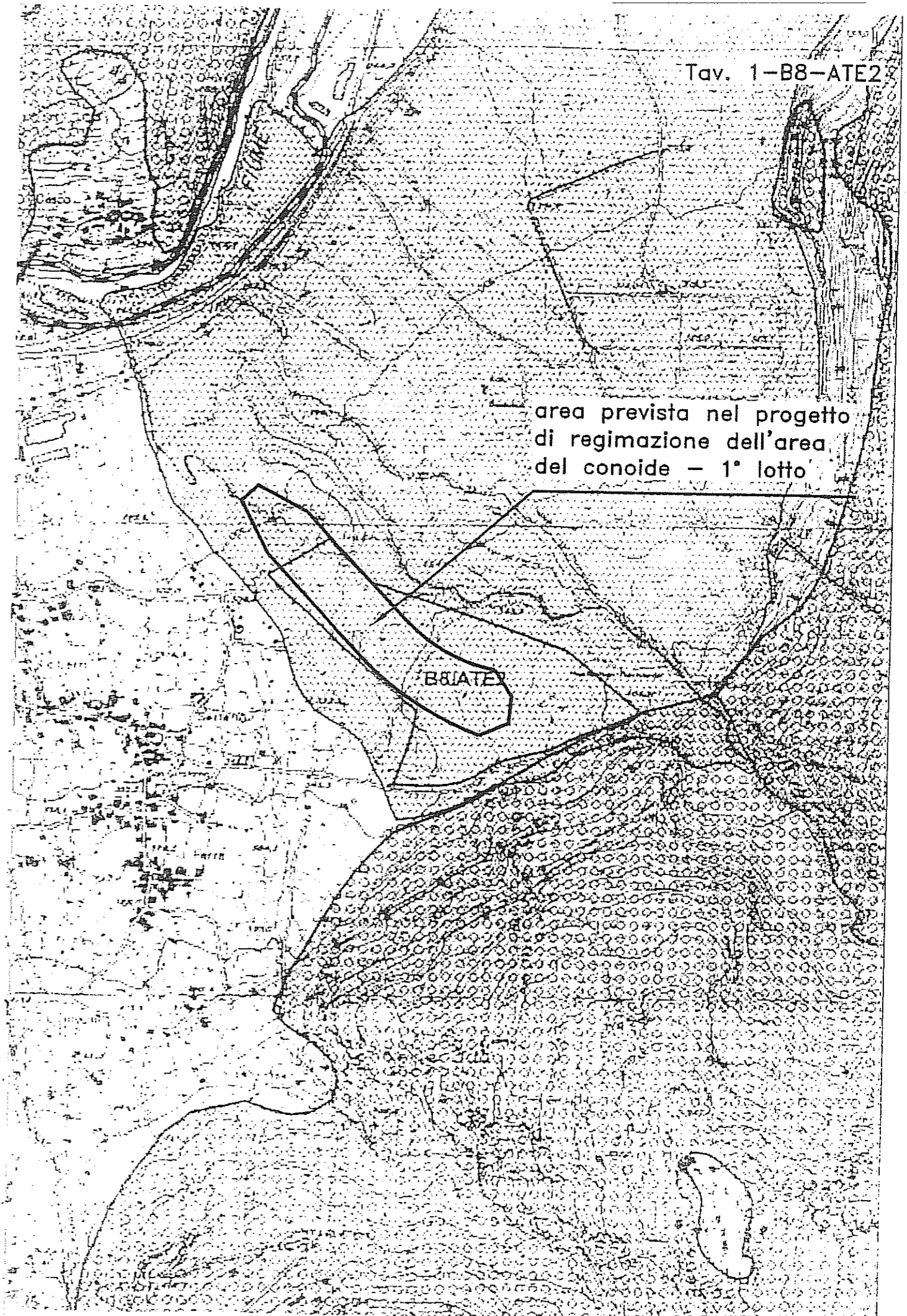
q 200 = ~ 209.70

Altezze 1: 100  
Lunghezze 1: 2000  
Q.RIF. 200.000





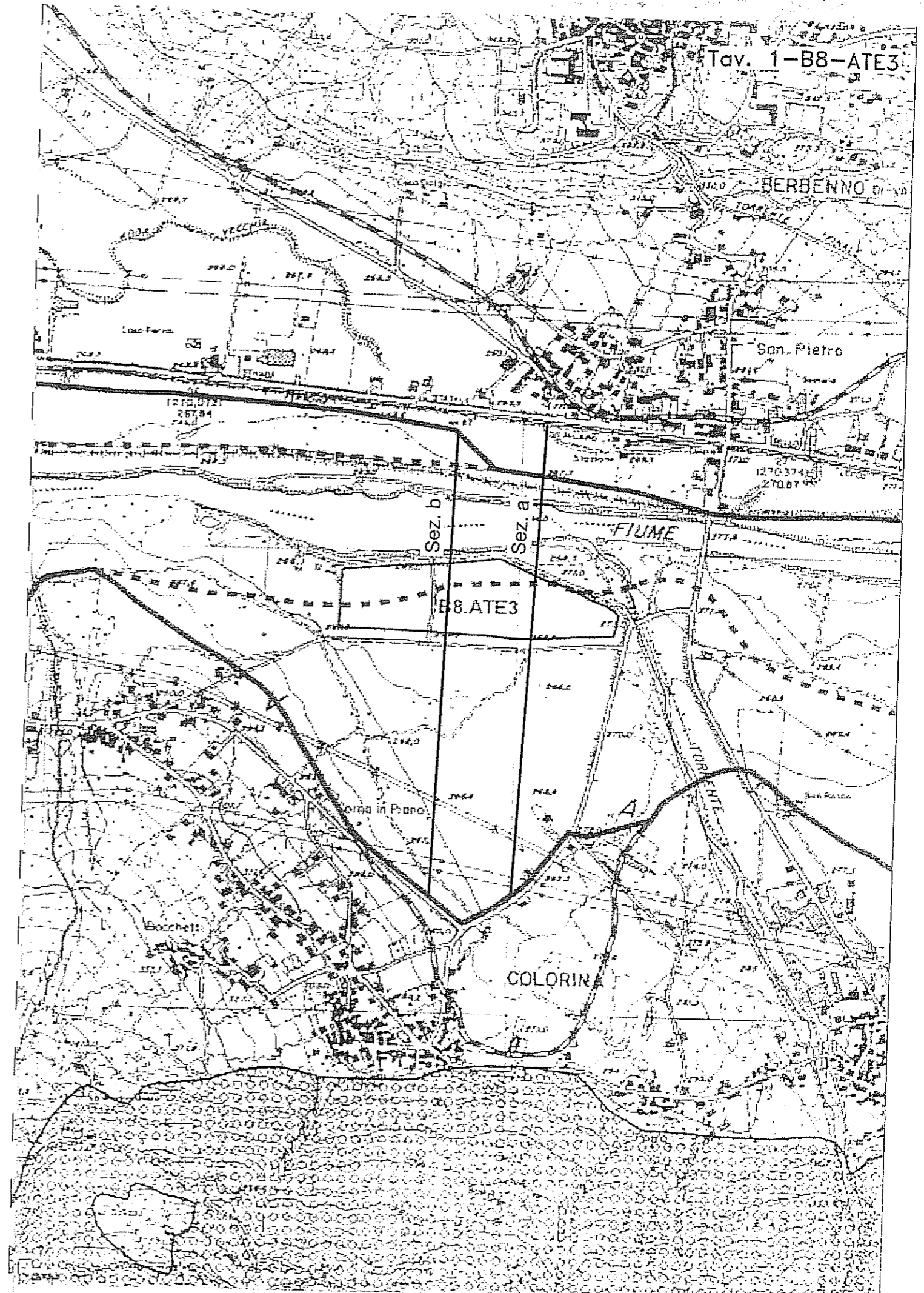
Tav. 3-B8-ATE1



area prevista nel progetto  
di regimazione dell'area  
del conoide - 1° lotto

BIATESE

Tav. 1-B8-ATE3



SEZIONE a

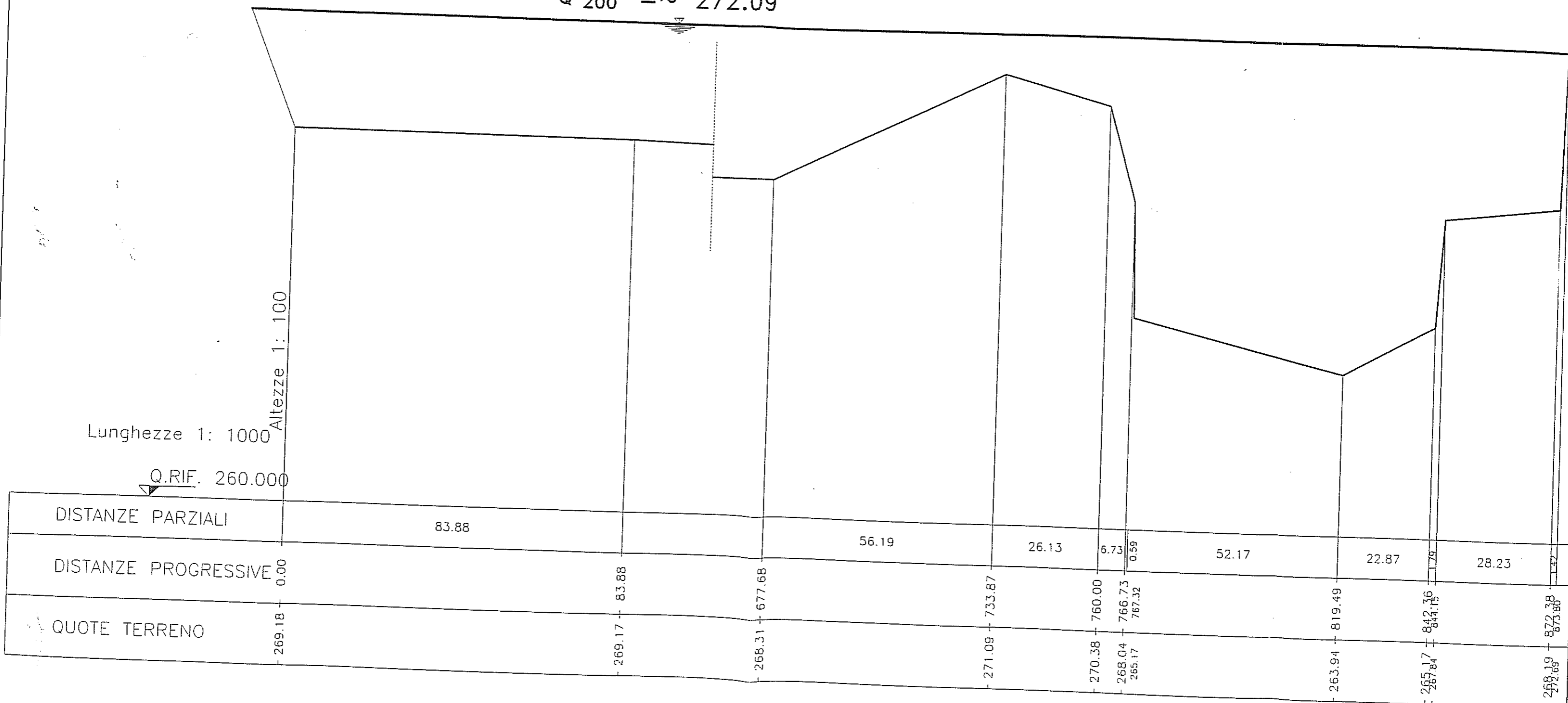
$A_g \text{ m}^2 \text{ 2567.5}$

$A_c \text{ m}^2 \text{ 715.2}$

$C_g \text{ m } \text{763.7}$

$C_c \text{ m } \text{122.3}$

$Q_{200} \approx 272.09$



Lunghezze 1: 1000

Altezze 1: 100

Q.RIF. 260.000

DISTANZE PARZIALI

DISTANZE PROGRESSIVE

QUOTE TERRENO

SEZIONE b

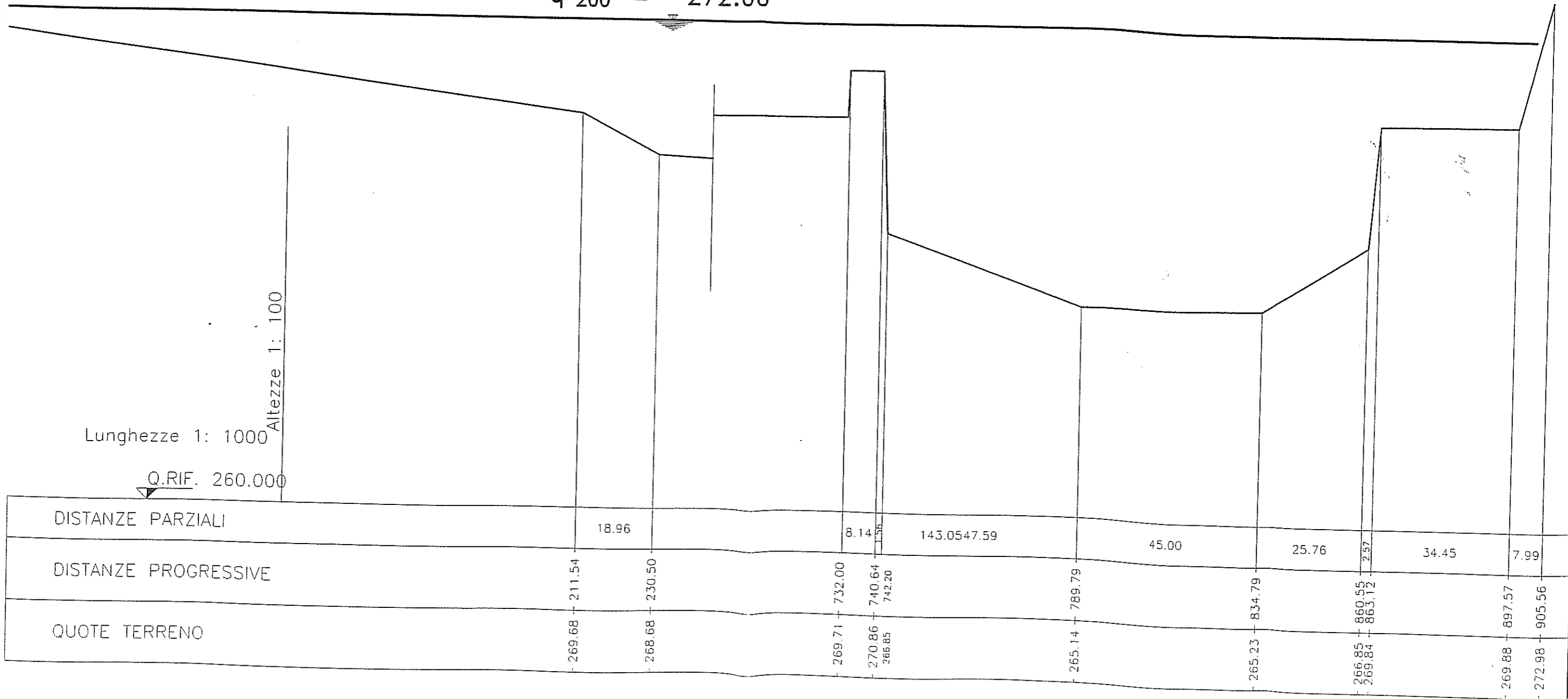
$A_g \text{ m}^2 \text{ 1868.2}$

$A_c \text{ m}^2 \text{ 844.3}$

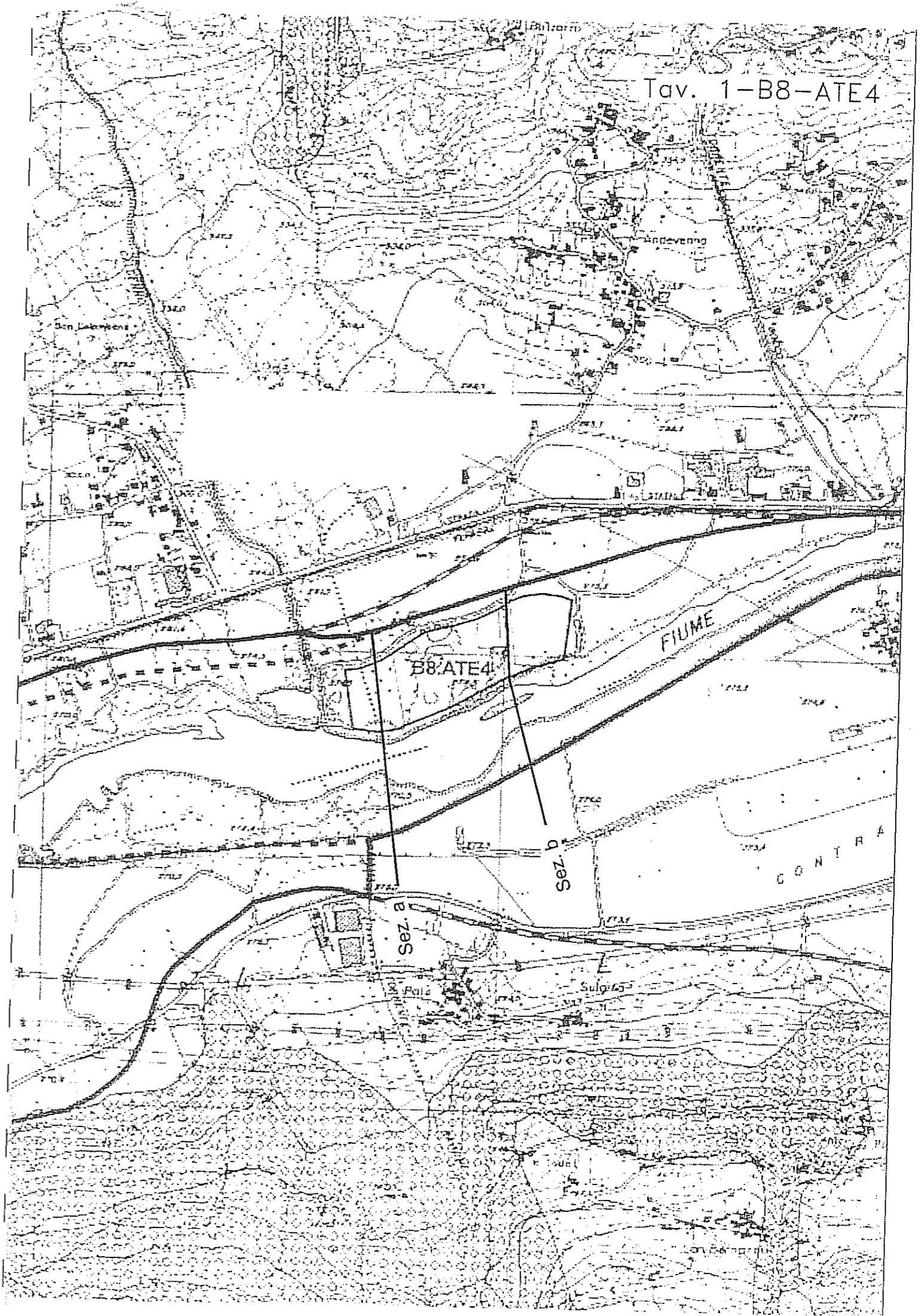
$C_g \text{ m } \text{706.4}$

$C_c \text{ m } \text{172.2}$

$q \text{ 200 } \approx \text{272.00}$



Tav. 1-B8-ATE4



SEZIONE a

$A_c \text{ m}^2 \text{ 592.6}$

$C_c \text{ m 205.3}$

$q_{200} \approx 275.00$

Altezze 1: 100

Lunghezze 1: 2000

Q.RIF. 265.000

DISTANZE PARZIALI	2.73	86.85	4.89	24.49	48.33	34.37	36.89	38.03	85.38
DISTANZE PROGRESSIVE	142.40 145.13	231.98 236.87	261.36	309.69	344.06 346.06	382.95	420.98	506.36	
QUOTE TERRENO	275.81 274.58	273.57 270.94	270.22	270.22	270.74 273.28	275.35	275.05	277.09	



SEZIONE b

$A_c \text{ m}^2 \text{ 440.6}$

$C_c \text{ m } 193.7$

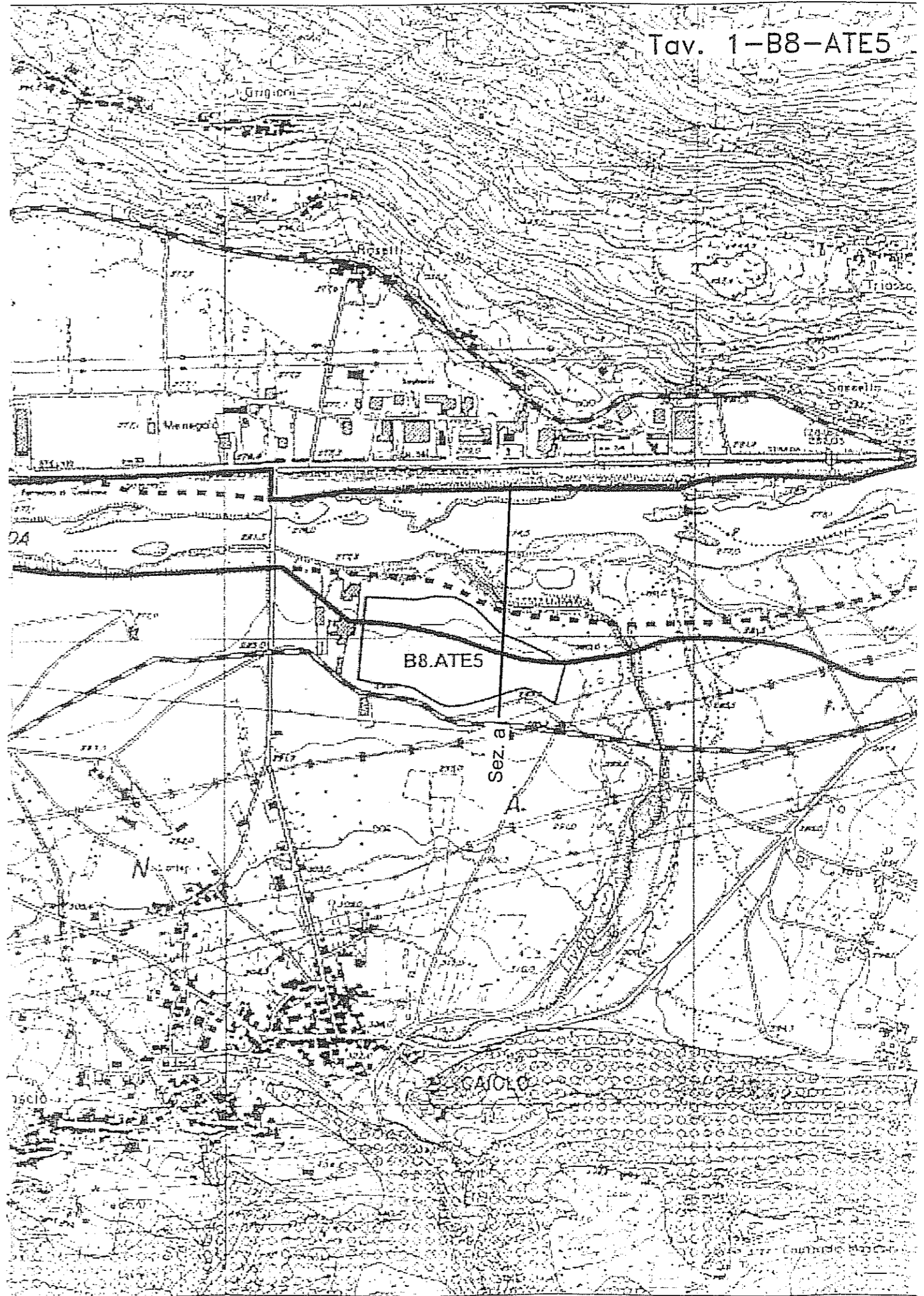
$q_{200} \approx 275.30$

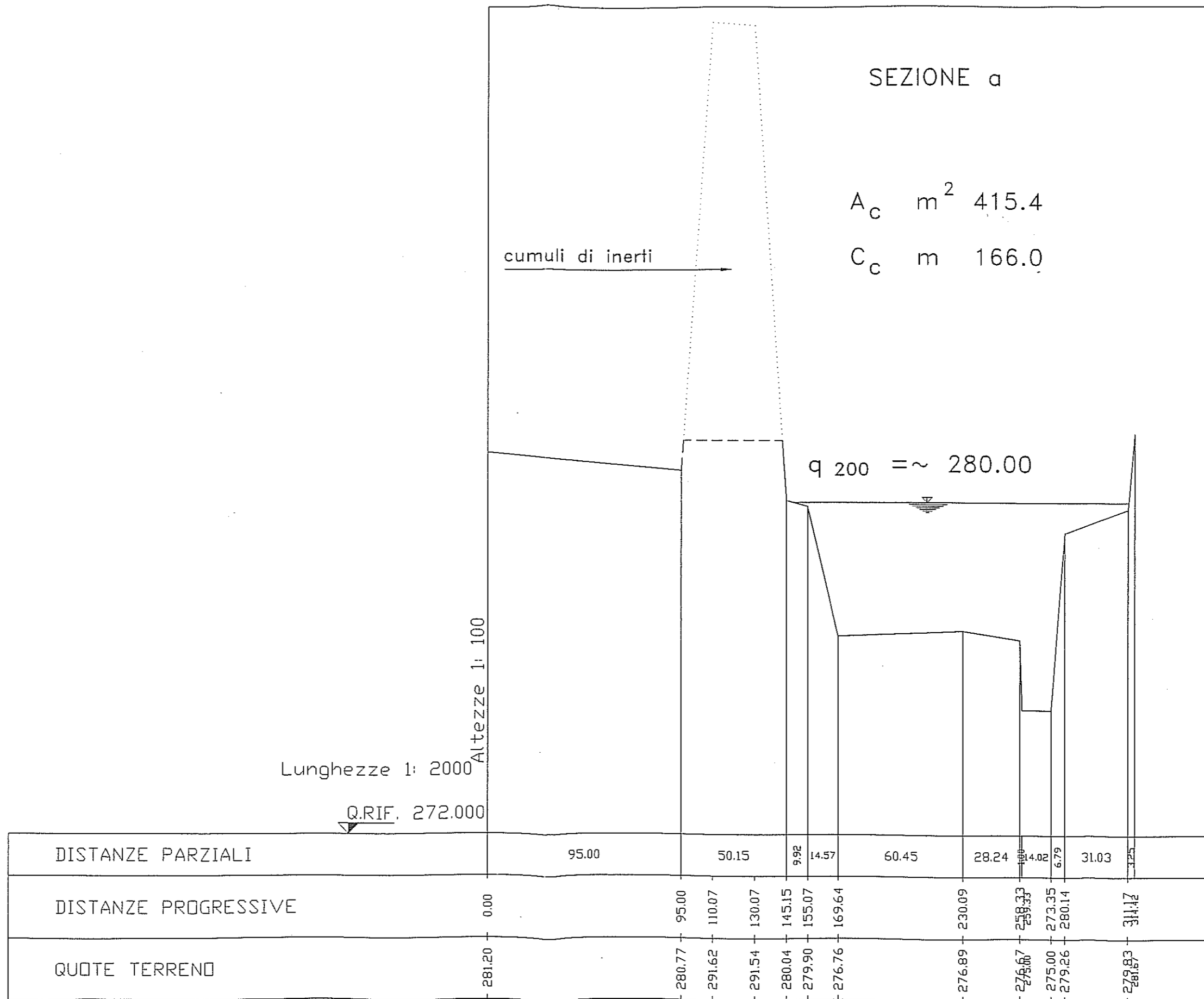
Altezze 1: 100

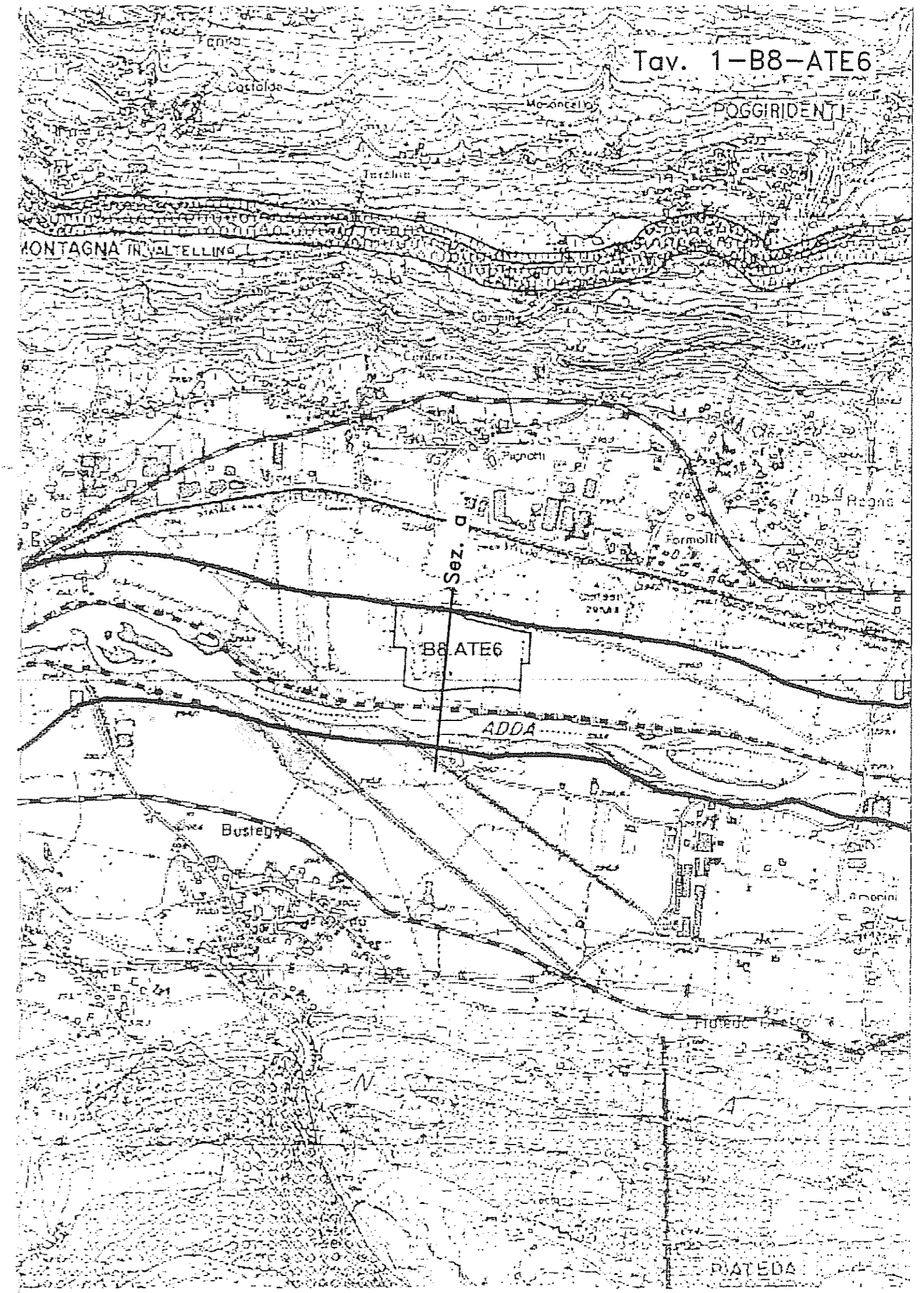
Lunghezze 1: 2000

Q.RIF. 265.000

DISTANZE PARZIALI	0.34	69.97	11.09	37.42	17.10	28.83	15.53	7.69	26.75	71.30	174.26	
DISTANZE PROGRESSIVE	183.00	183.94	253.91	265.00	303.28	320.38	349.21	350.21	365.74	400.18	471.48	645.74
QUOTE TERRENO	276.05	274.75	275.15	273.52	270.70	271.80	270.65	273.36	275.74	275.20	276.02	276.56







SEZIONE a

$A_c$  m<sup>2</sup> 176.2

$A_g$  m<sup>2</sup> 216.2

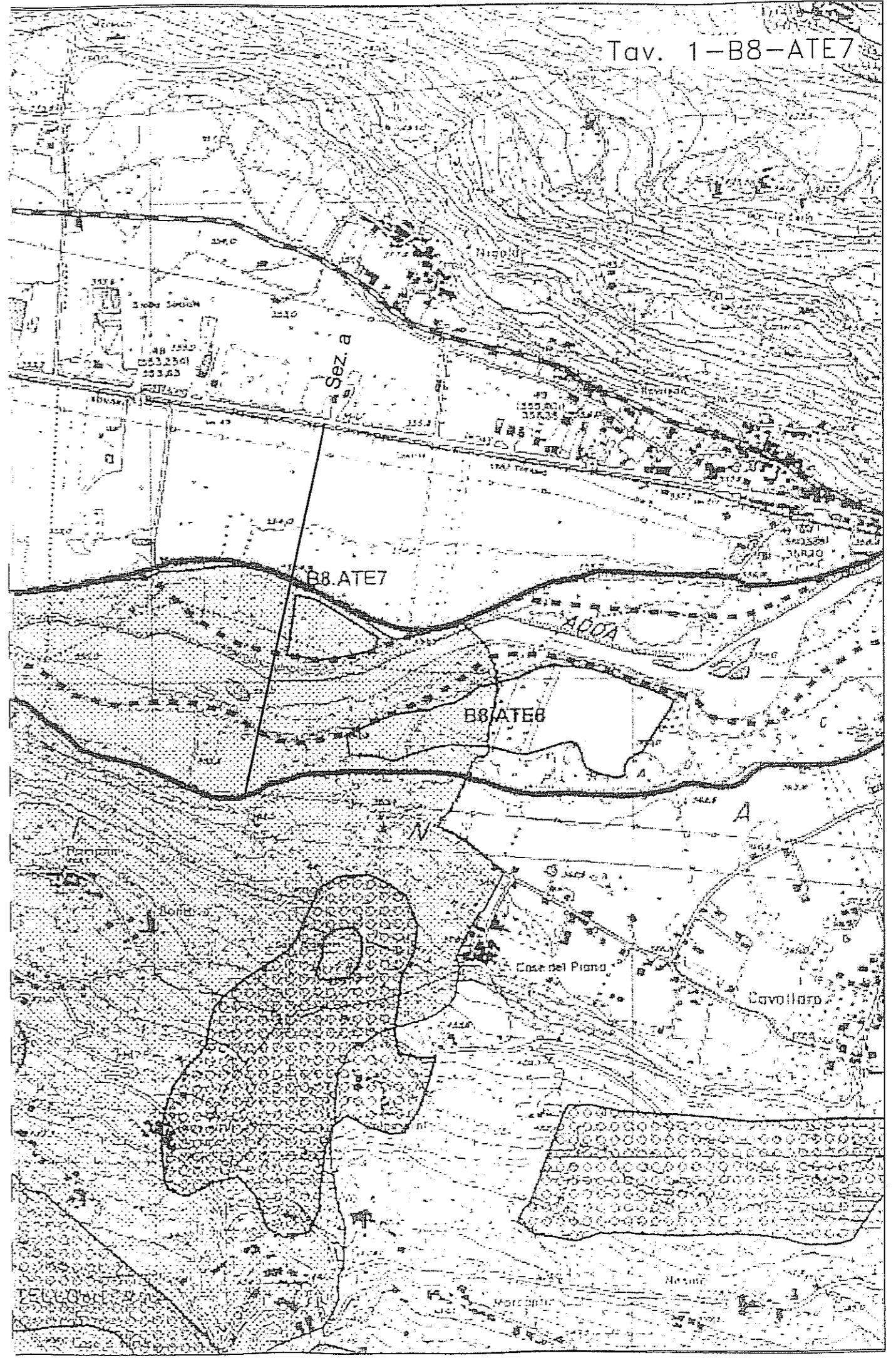
$C_c$  m 78.0

$C_g$  m 214.0

Lunghezze 1: 2000  
 Altezze 1: 100  
 Q.RIF. 290.000

q 200 = ~ 296.25

DISTANZE PARZIALI	13.00	8.80	32.80	16.50	11.00	5.00	5.00	5.00	97.50	110.00
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	13.00	21.80	54.60	71.10	82.10	87.10	92.10	194.10	304.10
QUOTE TERRENO	296.54	296.40	295.20	291.30	294.20	295.95	295.95	297.93	294.70	296.00



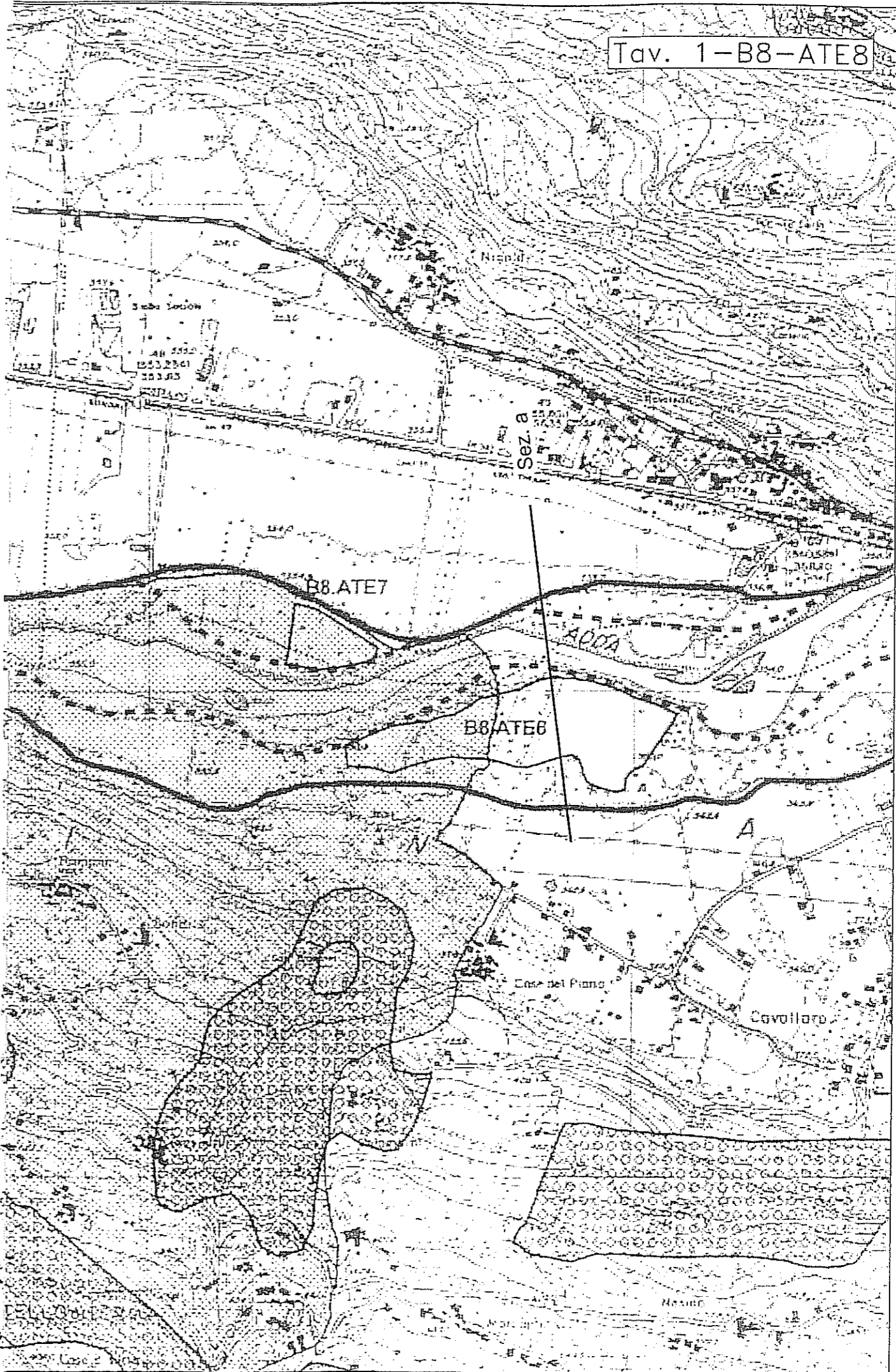
SEZIONE a

$A_g$	$m^2$	219.2	$A_c$	$m^2$	466.5	$A_g$	$m^2$	232.3
$C_g$	m	167.0	$C_c$	m	126.9	$C_g$	m	197.8

q 200 = ~ 355.4

Altezze 1: 100  
 Lunghezze 1: 2000  
 Q.RIF. 350.000

DISTANZE PARZIALI	21.77	112.49	49.86	1.97	53.03	50.00	17.34	106.13	89.92	1.31
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	21.77	134.26	184.12	189.09	242.12	292.12	309.46	415.59	505.51
QUOTE TERRENO	361.43	353.91	354.10	354.33	351.22	351.22	352.02	353.85	354.17	354.75





SEZIONE a

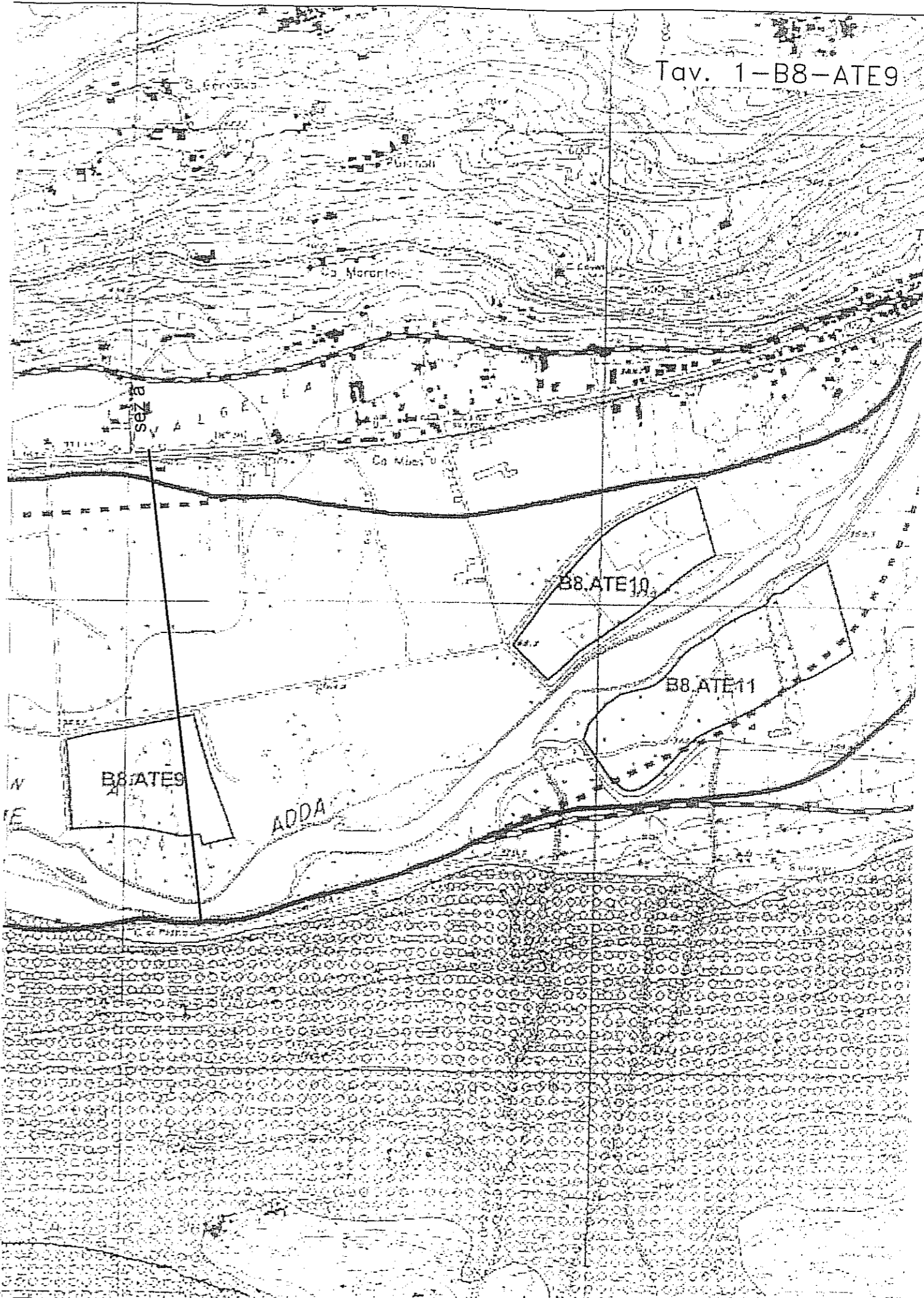
$A_g$  m<sup>2</sup> 82.0  
 $C_g$  m 255.9

$A_c$  m<sup>2</sup> 430.4  
 $C_c$  m 133.3

q 200 = ~ 356.60

Altezze 1: 100  
 Lunghezze 1: 2000  
 Q.RIF. 350.000

DISTANZE PARZIALI	11.46	190.36	37.61	27.88	7.94	35.91	5.60	31.83	2.37	5.59	25.01	2.79	11.95	5.40	3.69
DISTANZE PROGRESSIVE	46.63	58.09	248.45	286.06	313.94	321.88	357.79	363.39	395.22	398.07	403.68	428.69	431.48	443.43	448.83
QUOTE TERRENO	361.55	356.44	356.05	356.22	355.73	351.59	351.51	353.41	354.33	352.14	352.39	355.04	355.07	355.88	358.54



SEZIONE a

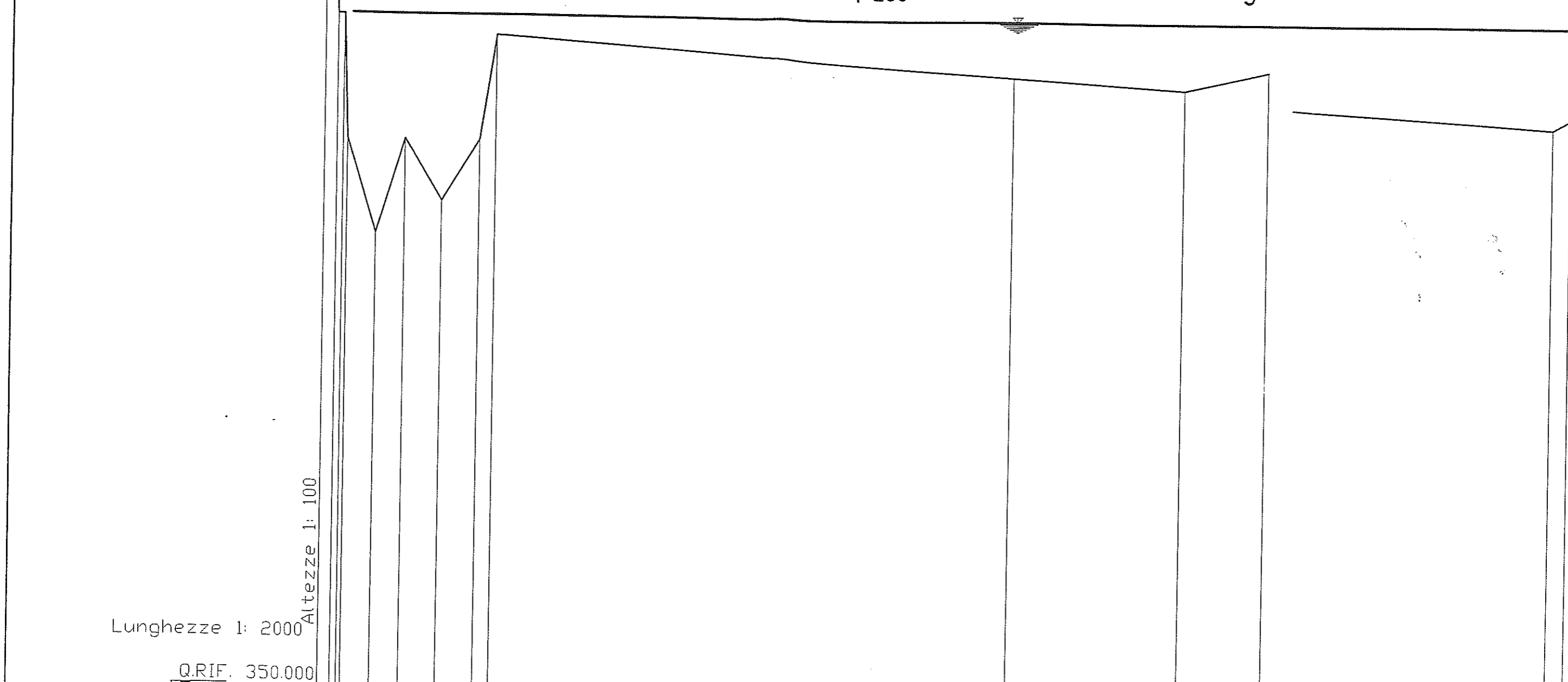
$A_c \text{ m}^2 \text{ 268.9}$

$C_c \text{ m } 79.4$

$A_g \text{ m}^2 \text{ 1475.3}$

$C_g \text{ m } 919.9$

$q_{200} \approx 366.52$

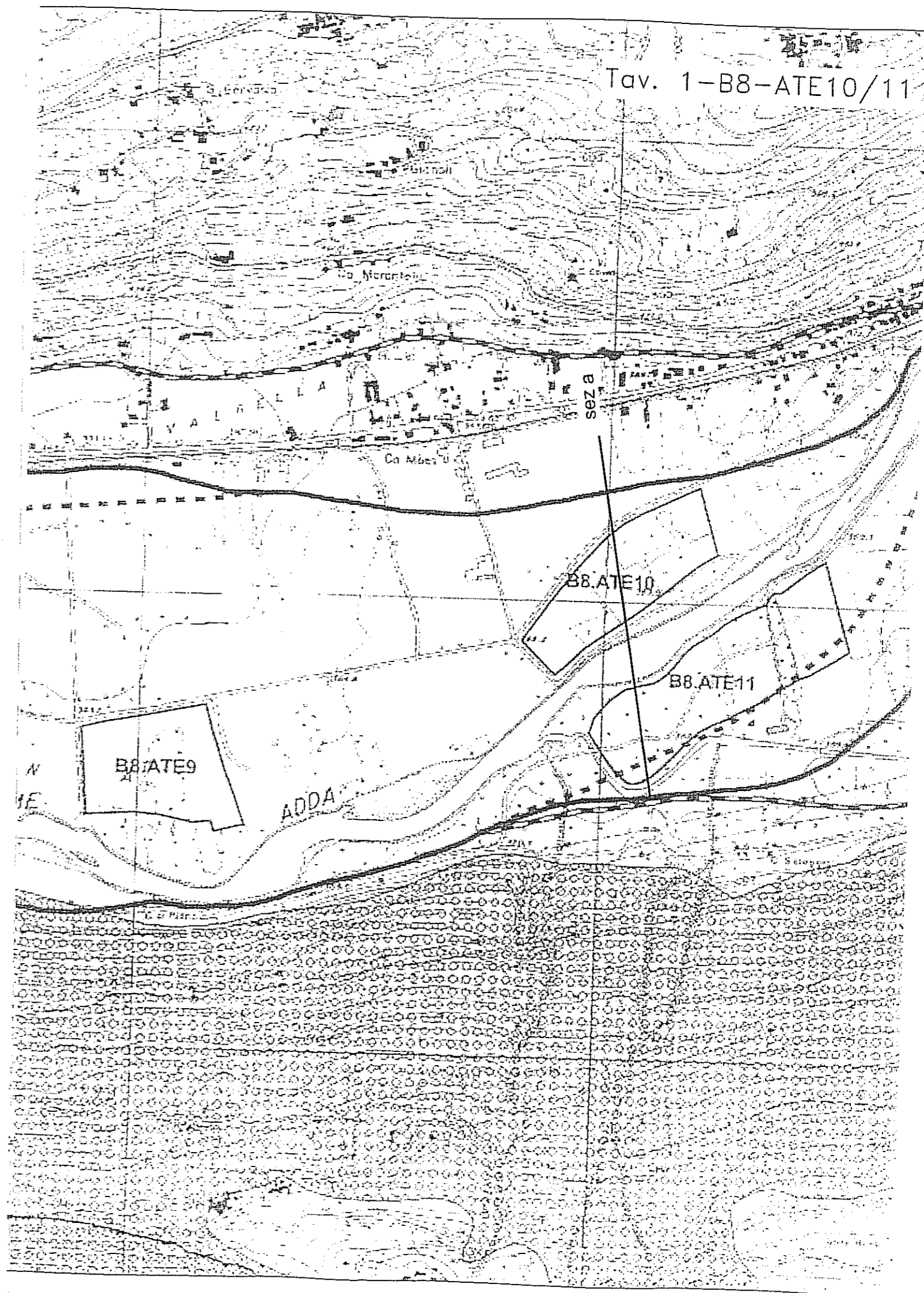


Lunghezze 1: 2000

Altezze 1: 100

Q.RIF. 350.000

DISTANZE PARZIALI	6.00	2.00	13.92	13.93	18.00	18.00	7.55	252.46	83.56	40.34	532.32	0.32	
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	6.00	11.00	24.92	38.85	56.85	74.85	82.40	334.86	418.42	458.76	991.08	999.60
QUOTE TERRENO	372.49	366.49	363.49	361.19	363.49	361.99	363.49	366.03	365.17	364.92	365.38	364.08	364.32



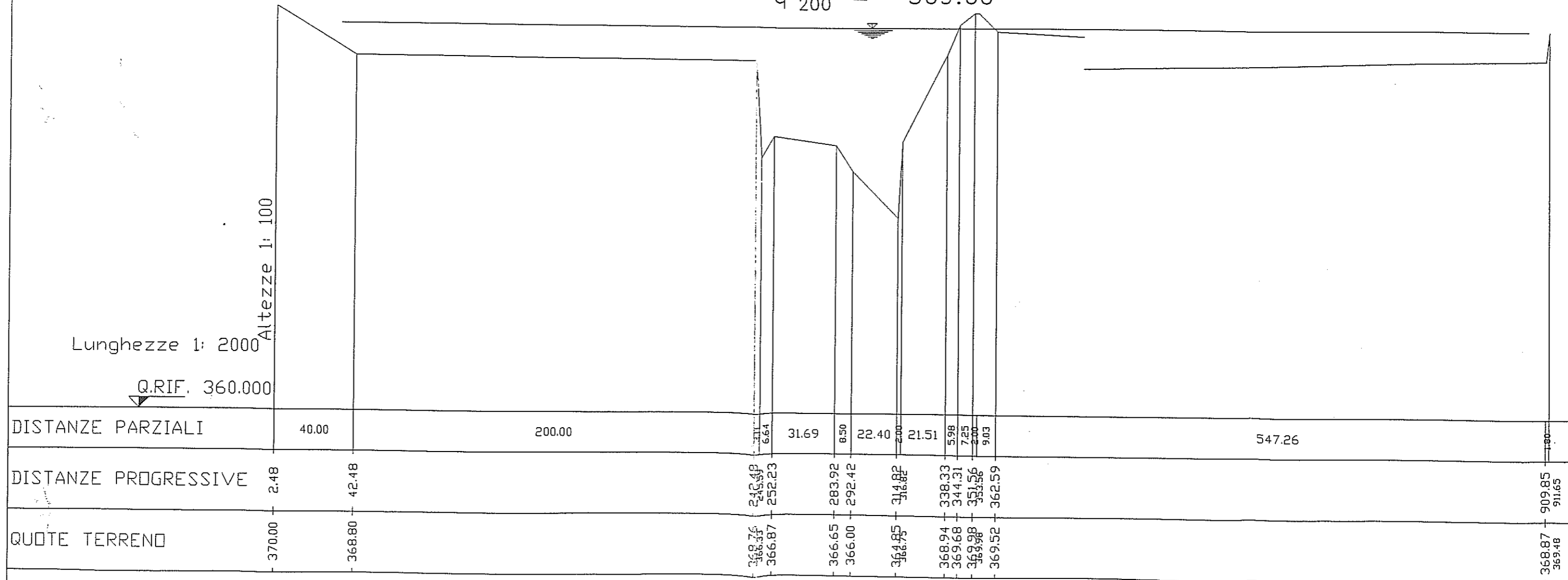
SEZIONE a

$A_g$  m<sup>2</sup> 174.61  
 $C_g$  m 226.7

$A_c$  m<sup>2</sup> 284.8  
 $C_c$  m 103.0

$A_g$  m<sup>2</sup> 383.3  
 $C_g$  m 550.8

q 200 = ~ 369.60



DISTANZE PARZIALI

40.00

200.00

6.64

31.69

8.50

22.40

21.51

5.28

7.25

2.00

9.03

547.26

DISTANZE PROGRESSIVE

2.48

42.48

242.48

252.23

283.92

292.42

314.82

338.33

344.31

351.56

353.56

362.59

909.85

911.65

QUOTE TERRENO

370.00

368.80

366.87

366.65

366.00

364.85

368.94

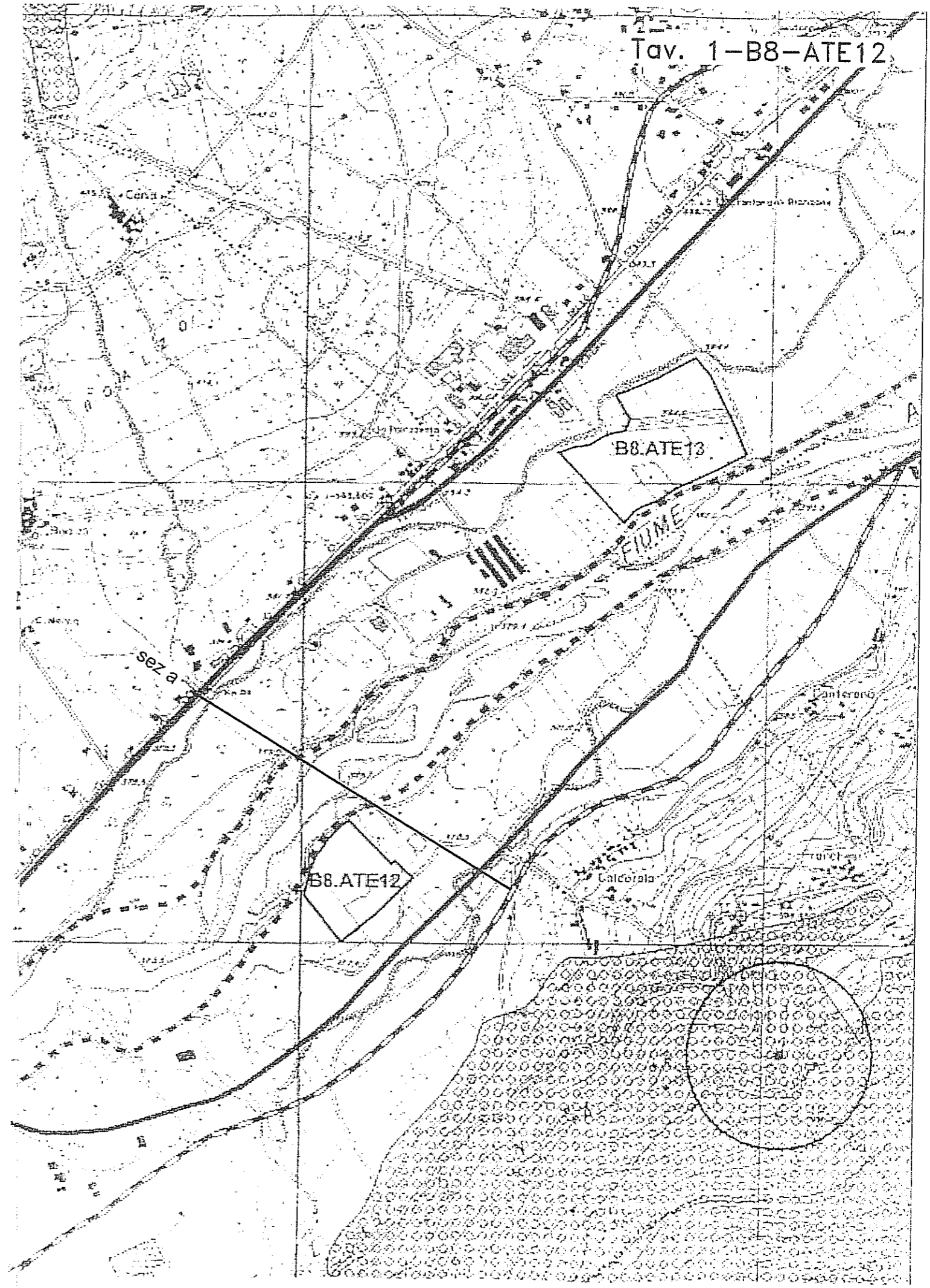
369.68

369.98

369.52

368.87

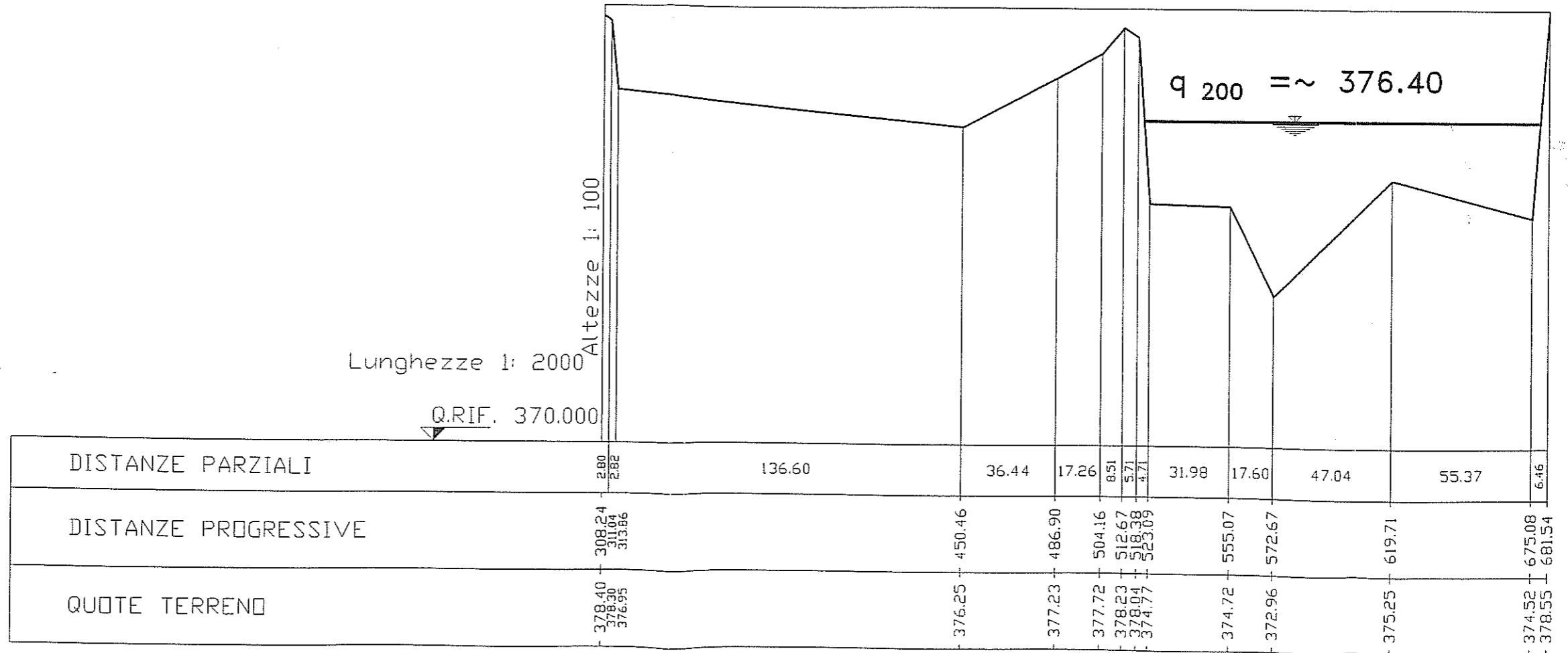
369.48



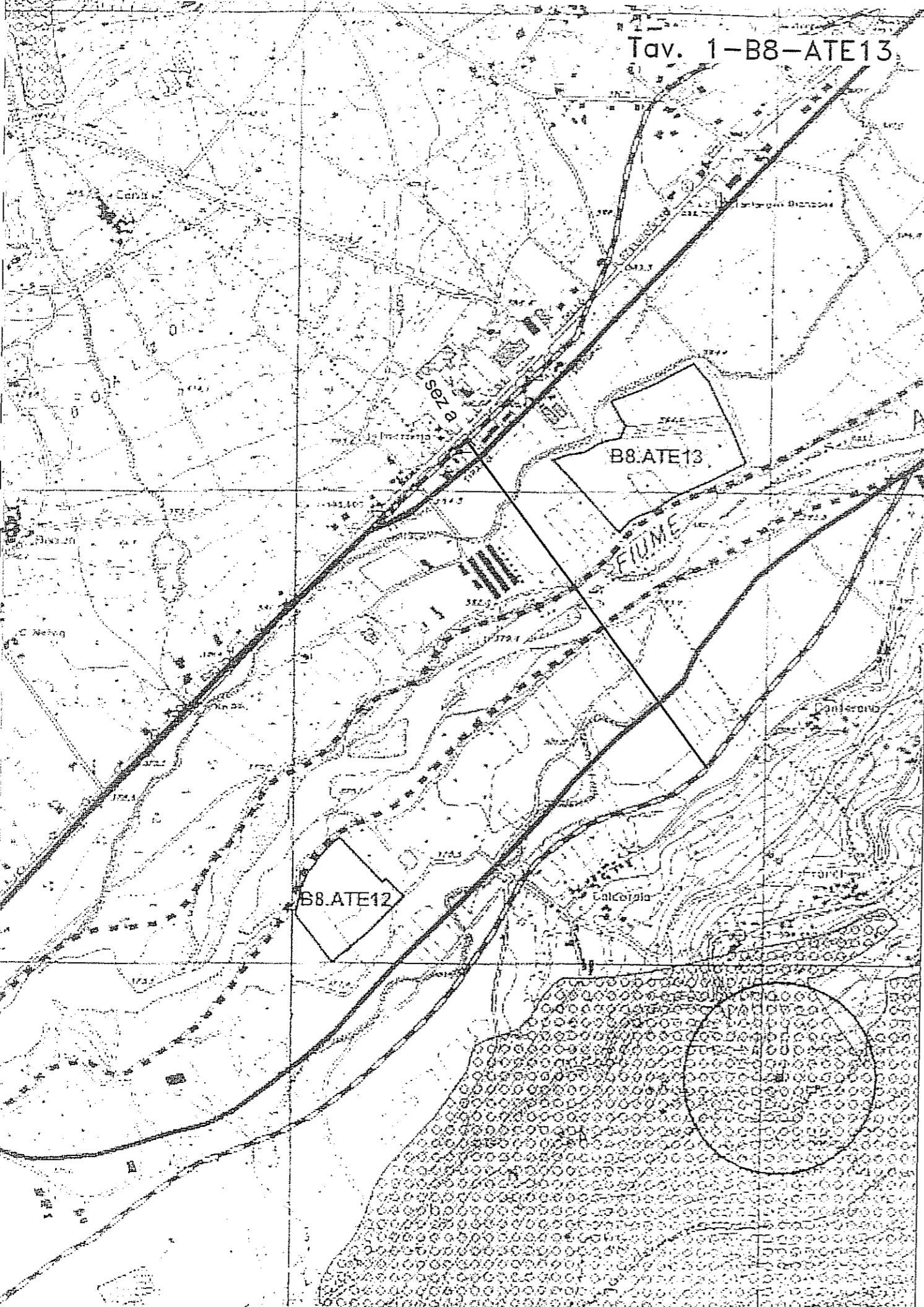
SEZIONE a

$A_c \text{ m}^2 \text{ 294.6}$

$C_c \text{ m 158.5}$



Tav. 1-B8-ATE13





SEZIONE a

$A_c \text{ m}^2 \text{ 526.5}$

$A_g \text{ m}^2 \text{ 532.7}$

$C_c \text{ m 117.7}$

$C_g \text{ m 353.0}$

$q_{200} \approx 383.00$

