



COMUNE DI SIENA

SETTORE GESTIONE DEL TERRITORIO

SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

U.O. PROGETTAZIONE E PROGRAMMAZIONE URBANISTICA



P.R.G. - P.N. 1.9

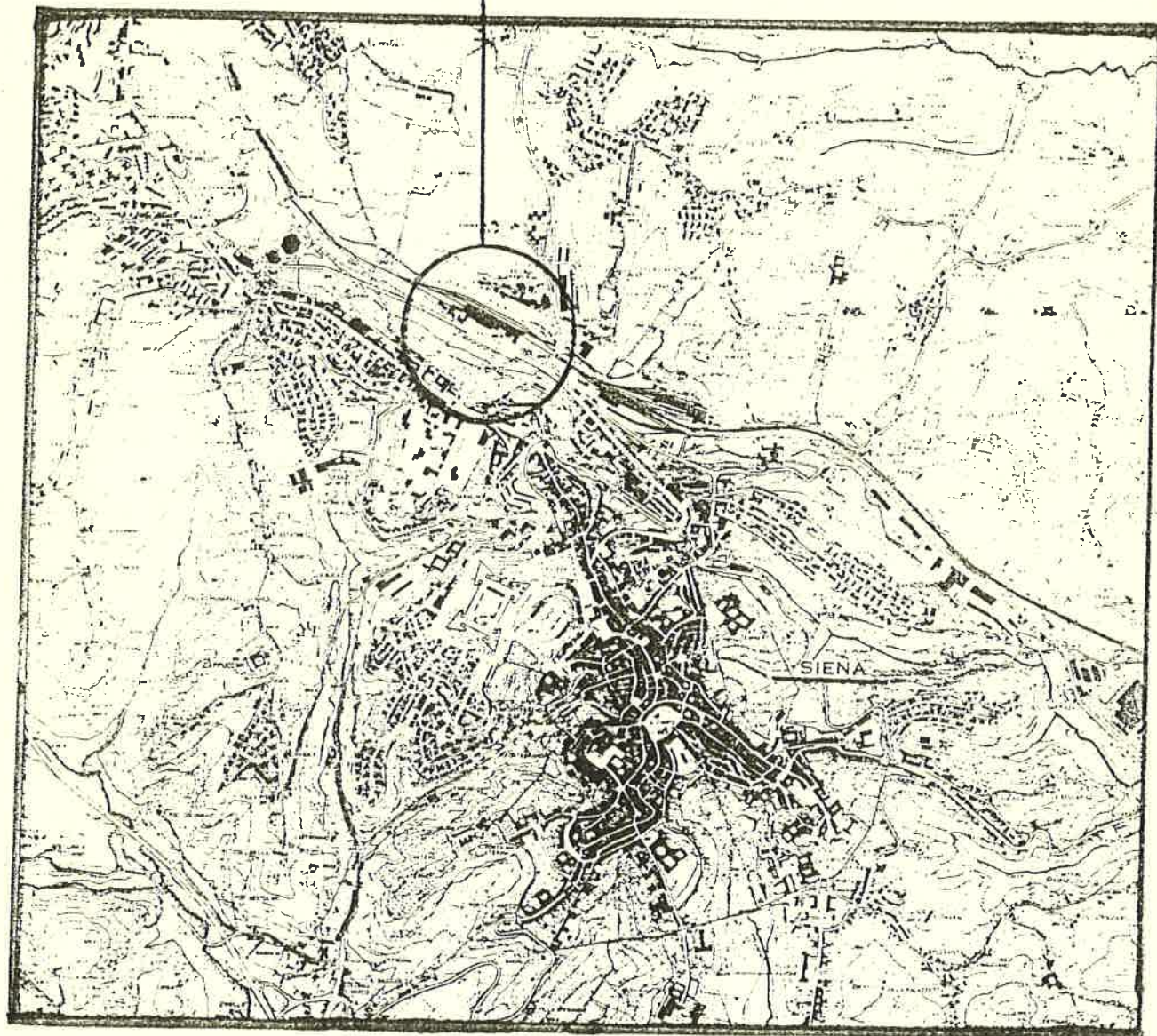
- RELAZIONE GEOLOGICA INTEGRATIVA -



L'ISTRUTTORE TECNICO GEOLOGO  
(Dott. *Marco Signoralli*)

Siena, Maggio 1995

AREA OGGETTO DELLO STUDIO



## PREMESSA

Secondo quanto indicato dal nuovo P.R.G.- P.N. 1.9, nel versante a ridosso della nuova Stazione Ferroviaria è in previsione la realizzazione di un insieme di opere destinate a parcheggio, attività commerciali e terziarie, oltreché di una risalita che, dal livello dell'attuale piazza, porterà fino alla quota dove è situato l'Antiporto.

Dal momento che dagli elaborati geologici di Supporto alla Strumento Urbanistico Generale, risultava che nell'area interessata dal P.N. erano presenti movimenti di dissesto e che, parte dell'intervento previsto ricadeva, secondo quanto indicato dalla delib. G.R.T. 94/85, in classe 4 di fattibilità, nel 1992 fu realizzato un primo studio di carattere geologico al fine di meglio definire sia la stratigrafia dell'area che di avere un quadro più preciso delle condizioni di stabilità del versante.

Il presente scritto si propone, partendo dalle conoscenze acquisite con il già citato studio, di individuare, a livello di inquadramento di massima, gli interventi e le opere da prevedere per la bonifica ed il consolidamento dell'area in fase esecutiva, con particolare riguardo per le parti di previsioni di P.R.G. ricadenti in classe di fattibilità



## SITUAZIONE GEOMORFOLOGICA GENERALE DELL'AREA

Il versante che dal V.le V. Emanuele II - V.le Cavour , scende fino all'attuale stazione ferroviaria è, nella sua parte sommitale, costituito da sabbie color ocra contenenti , talvolta, livelli conglomeratici. Passando attraverso delle vere e proprie balze formate dal litotipo sabbioso, la pendice continua, con terreni a percentuale fine sempre più crescente, fino all'attuale stazione ferroviaria che, dal punto di vista geologico, poggia su argille.

Il versante attualmente non mostra un profilo interamente "naturale" dal momento che , al suo piede, (verosimilmente al tempo della costruzione della Nuova Stazione Ferroviaria di Siena) è stato realizzato un taglio che , con l'evidente intenzione di allargare l'area sfruttabile dal piazzale della stazione, è sostenuto da un grosso muro a retta gradonato.

Le problematiche più significative emerse dalla studio del 1992 possono, schematicamente, essere ricondotte alla presenza di una notevole quantità d'acqua sotterranea che, limitata inferiormente da un substrato impermeabile con vergenza verso Nord-Ovest (i piezometri installati mostravano un chiaro approfondimento del livello piezometrico in questa direzione) determina condizioni tali da rendere possibili movimenti del pacco di strati al di sopra del livello impermeabile ( che fungeva quindi da piano di scivolamento) . Da questi movimenti risultava interessata, in via certa, solamente la zona più a valle che , tra l'altro, come detto è contenuta da un muro gradonato.

Occorre rilevare infatti che anche attraverso misurazioni effettuate entro 2 tubi inclinometrici posizionati, uno a ridosso della testa delle gradonature , l'altro più a monte (approssimativamente a metà del pendio) è stato possibile determinare che, al di là dell'ampiezza dell'area interessata da generiche e sporadiche alterazioni superficiali del terreno, il movimento di porzioni significative del pendio, peraltro di entità estremamente limitata, è effettivamente localizzato solo nella parte inferiore del

pendio e che questo movimento oltre ad interessare spessori di terreno dell'ordine di 8-9 mt. riesce a provocare danni (come emerso dal rilievo diretto) solo nella più occidentale del manufatto gradonato e, comunque, esclusivamente nella sua parte più vulnerabile: quella sommitale .

Per quanto riguarda l'opera di contenimento gradonata, delimitando un intero lato del piazzale della stazione, raggiunge una lunghezza totale di quasi 200 mt. ed un'altezza, in più punti, superiore ai 10 mt. Lo spessore invece misurandolo partendo dal piede situato a livello dell'attuale piazzale, è stimabile , considerando anche le gradonature, forse anche di 18-20 mt.

Non potendo disporre di alcun dato relativo né alle tipologie costruttive né, ad esempio, alla presenza o meno di opere di drenaggio a tergo, è possibile solamente ipotizzare come lo spigolo più occidentale del muro, stante l'inclinazione verso Nord-Ovest del substrato impermeabile (e, di conseguenza, con simile direzione preferenziale del dissesto), risulti particolarmente sottoposto ad un movimento che sollecita il manufatto con angolazione obliqua, e non riesca, verosimilmente per una non adeguata capacità di contenimento, ad opporsi, almeno per la sua parte meno imponente, a reggere agli sforzi.

## BONIFICA E CONSOLIDAMENTO

Dal momento che il P.R.G. prevede la realizzazione di un edificio (con altezza massima fuori terra di tre piani oltreché con un piano interrato ) con destinazione prevalente a parcheggio, proprio in sostituzione dell'attuale muro a retta, è necessario far osservare che, preliminarmente a qualsiasi opera, sarà senz'altro necessario procedere ad interventi mirati a ripristinare una condizione di equilibrio morfologico dell'area interessata dai lavori. Innanzitutto drenare la falda e, abbassando

conseguentemente il livello piezometrico, arrivare alla massima condizione possibile di stabilità della zona interessata dai movimenti .

Pur non conoscendo quali saranno gli intenti progettuali che saranno seguiti, si può ritenere, vista anche la morfologia dell'area, che una idonea tipologia di drenaggio possa essere quella dei fori drenanti sub-orizzontali. Com'è logico tali dreni dovranno essere realizzati andando a far sì che il livello piezometrico si abbassi fino ad una quota inferiore a quello che è ipotizzata essere la superficie di scorrimento.

Una prima difficoltà che si presenta nell'affrontare questo tipo di bonifica è dovuta al fatto che se, in prima approssimazione, sembrerebbe di più immediata realizzazione una esecuzione di fori a partire dalla zona altimetricamente più depressa, ossia la parte dove è collocato il muro a retta occorre , però, tenere presente che questo manufatto dovrà essere in gran parte sostituito e , pertanto, c'è da valutare attentamente il rischio che durante i lavori possa venire ad interrompersi l'azione di drenaggio. A questo proposito quindi , visto anche che la direzione principale del flusso della falda non è perpendicolare alle gradonature ma, semplificando, sub-parallelo, dovrà essere considerata anche la possibilità di realizzare le aste drenanti , partendo sì dal punto verso cui converge il flusso idrico e con il classico disegno a raggiera ma, ad esempio , eseguendoli dall'interno di un pozzo di adeguate dimensioni. Tra l'altro una simile soluzione semplificherebbe le modalità di allontanamento dell'acqua drenata che , data l'estensione dell'area permeabile, risulterà probabilmente notevole.

Un altro vantaggio dell'eseguire il drenaggio a partire da una zona che non è direttamente interessata dai lavori è che, con una simile ubicazione, il difficile intervento di sostituzione del muro non interferirà con l'opera di drenaggio e risulterà senz'altro semplificato.

Un altro significativo problema che si presenterà sarà quello che prima che il muro sia asportato, il taglio nella scarpata dovrà essere sostenuto in modo da poter poi costruire l'opera di previsione P.R.G.

A questo scopo, qualora non si ritenesse opportuno operare intervenendo arretrando e riducendo l'inclinazione del pendio, potrà risultare conveniente

l'esecuzione preliminare di una adeguata palificata lungo tutta la zona che non sarà più sorretta dalle gradonature. Difficilmente, invece, la palificata, od un'opera di simili funzionalità statiche pur se realizzata con modalità costruttive anche tali da farla risultare impermeabile al flusso idrico, potrà evitare la realizzazione dei drenaggi di bonifica in quanto, alle difficoltà che si dovrebbero affrontare nell'eseguire un'opera che oltre alle già gravose funzioni di sostegno del taglio del versante volesse anche risultare di impedimento al pacco di terreni instabili, si aggiungerebbero i rischi derivanti dall'aver provveduto a tentare di bloccare fenomeni di dissesto senza intervenire sull'acqua sotterranea che, in pratica, è la causa principale che determina il deterioramento delle condizioni di stabilità del versante.

Una concreta verifica dell'efficacia degli interventi sulla scarpata potrà essere eseguita mediante l'esecuzione di misure entro sia i piezometri che nei tubi inclinometrici installati nel corso dello studio del 1992. Tra l'altro, se le verifiche sull'efficacia dei drenaggi potranno anche essere eseguite ad intervalli anche di vari mesi, i controlli dell'innescarsi di inattesi movimenti provocati dai lavori sul muro a retta gradonato, saranno eseguiti con scadenze molto ravvicinate. Resta inteso che, qualora l'estensione areale dell'intervento andasse ad interferire con l'ubicazione attuale dei tubi, questi andranno sostituiti e, se ritenuto necessario sia aumentati di numero che riposizionati adeguatamente.

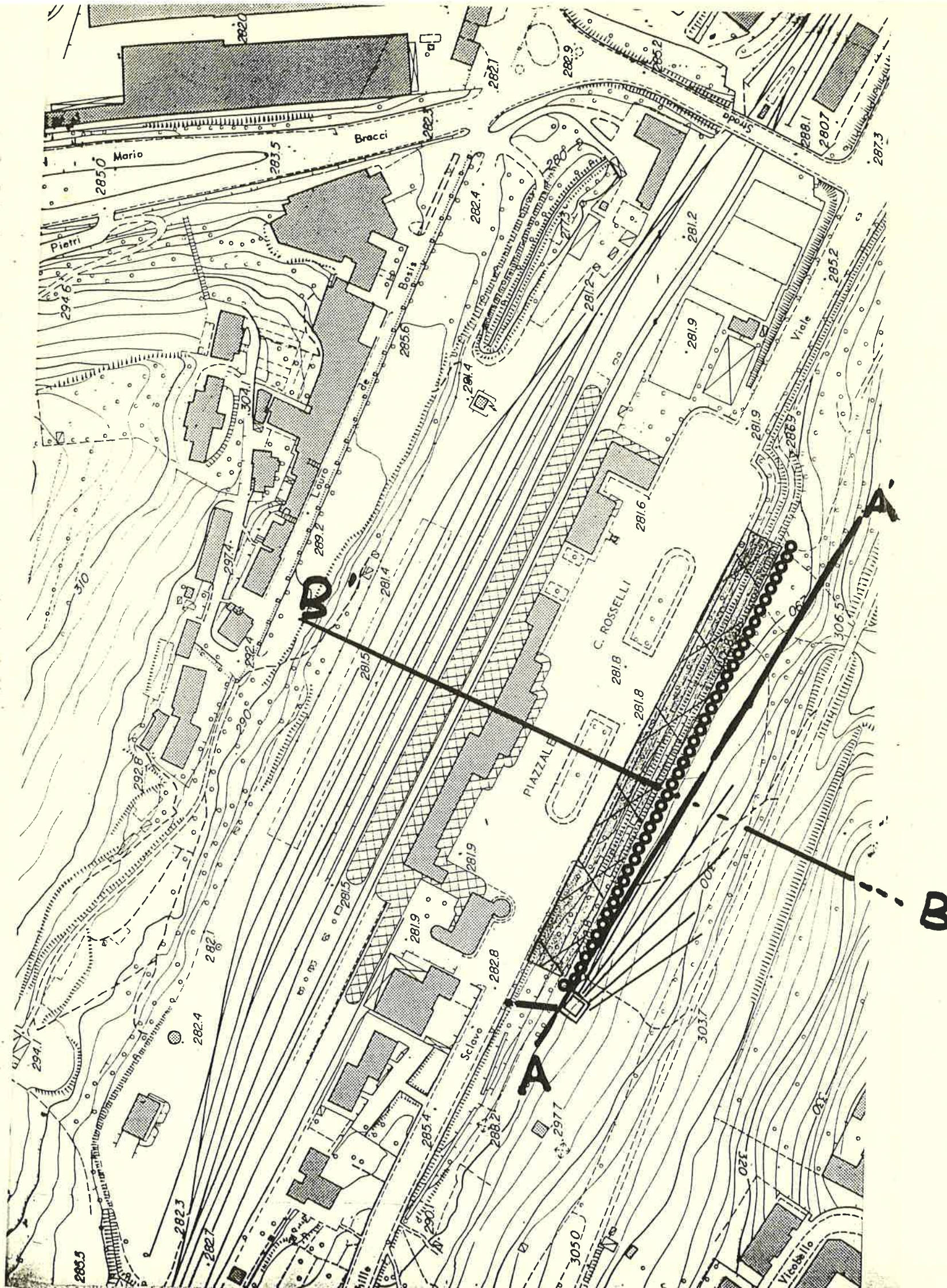
INQUADRAMENTO SCHEMATICO  
DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA E SOSTEGNO  
DEL PENDIO TRA VIALE V. EMANUELE II° E P.ZA ROSSELLI

Drenaggi -

Dal momento che, come detto, la direzione preferenziale del flusso della falda è orientativamente verso la parte più settentrionale del muro gradonato (quella più vicina all'inizio di V.le A. Sclavo), e che la quota di 182 s.l.m del piazzale della stazione (con il relativo collettore fognario) può essere considerato la quota di arrivo dello spurgo dei dreni, in prima approssimazione è possibile ipotizzare l'esecuzione dei drenaggi secondo i seguenti criteri :

- due ordini di aste drenanti realizzate a raggiera, in numero di 5 dreni per ciascun ordine e collocate, per il livello più basso, con inclinazione sull'orizzontale da 5 a 10 gradi e con pendenze da 15 a 20 gradi l'arco di dreni superiore ;
- posizionamento del punto di raccolta - eventualmente anche realizzato a pozzo- in modo che le aste, una volta realizzati i perfori, non vadano a superare la lunghezza massima di 100 - 120 mt.
- scarico delle acque di spurgo nel collettore fognario che attraversa i piazzale della Stazione
- quota di imposta dei drenaggi in modo tale che il livello più superficiale intersechi completamente il pacco di strati ( come visto dalle stratigrafie approssimativamente con spessore di 8-9 metri ) potenzialmente instabile, il livello più profondo , invece dovrà arrivare a "spurgare" una adeguata porzione di terreno sottostante al livello di scivolamento .





## COMUNE DI SIENA

SCHEMA DI INTERVENTO DI BONIFICA E SOSTEGNO  
DEL PENDIO TRA V. EMANUELE II° E P.ZA ROSSELLI  
INTERESSATO DAL P.N. 1.9 DEL NUOVO P.R.G.



Ingombro indicativo dell'edificio  
destinato a parcheggio e servizi



Drenaggi



Pozzo



Scarico



Palificata

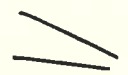
Scala 1 : 2.000



# LEGENGA



-Ingombro indicativo dell'edificio  
destinato a parcheggio e servizi



-Drenaggi



-Pozzo



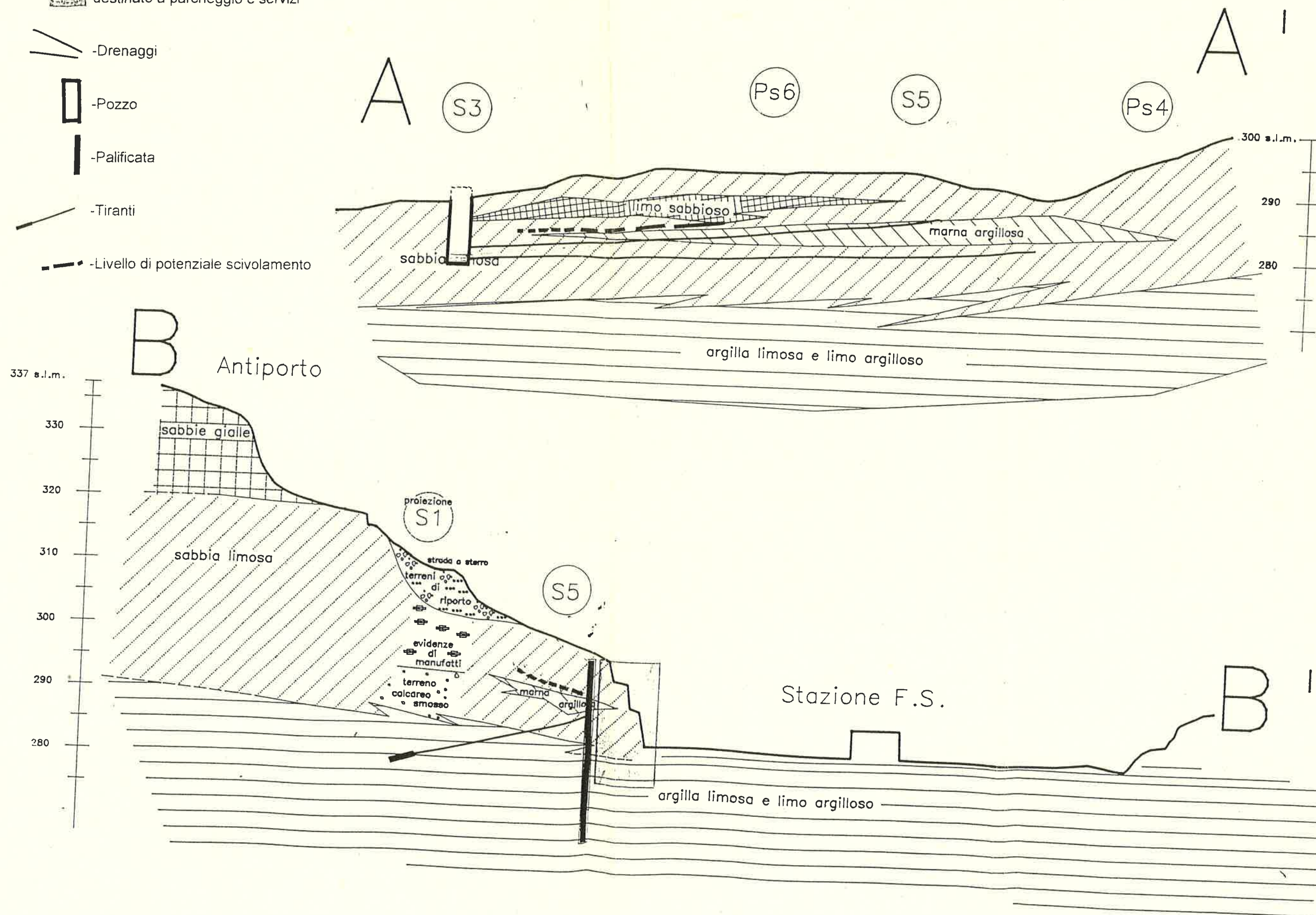
-Palificata



-Tiranti



-Livello di potenziale scivolamento



Palificata -

Non conoscendo adeguatamente, in questa fase di studio di supporto urbanistico, quali saranno i futuri intendimenti progettuali, oltre a non ritenere concretamente realizzabile, senza un completo quadro dei parametri tecnici dei lavori, una attendibile verifica sulla stabilità generale della porzione di pendio in questione ( e che si rimanda eventualmente alla fase esecutiva) è comunque possibile ipotizzare, vista l'estensione lineare del tratto di scarpata da sostenere che la palificata dovrà essere costituita, prendendo in considerazione pali con diametro indicativo di 800 mm. ed un interasse di  $0.3 \phi$ , da circa 350 unità. La lunghezza dei pali, valutando approssimativamente in 10 mt. l'altezza del taglio e in 3-4 mt. l'altezza del piano parcheggio interrato, potrà essere dell'ordine dei 25 - 30 metri. E' prevedibile la realizzazione di opportuni tiranti ammorsabile anche nel substrato argilloso.

Al di là di un generico posizionamento, è possibile anche consigliare la non contemporaneità delle opere sopra indicate in quanto un preventivo intervento di drenaggio oltre a facilitare la realizzazione del sostegno a pali, diminuirà non poco quella che sarà la spinta che la palificata dovrà essere chiamata a sostenere.

## CONCLUSIONI

Dal momento che è stata accertata la presenza di, seppur non gravissimi, movimenti di dissesto, si ritiene necessario un preventivo intervento di bonifica dell'area interessata dai movimenti. Una idonea metodologia di intervento sulla falda sotterranea può essere l'utilizzo di fori drenanti sub-orizzontali. Questo intervento che, vista sia la tipologia dei terreni presenti che la certa non eccessiva dinamicità del movimento, se da un lato inizierà a dare i primi concreti risultati già dopo pochi mesi, potrà aver raggiunto un adeguato grado di stabilizzazione dopo un arco di 8-12 mesi.

A questo proposito si ribadisce l'indispensabilità del controllo della falda che della verifica di eventuali movimenti, anche in fase di esecuzione della palificata, attraverso

l'osservazione sia del livello dell'acqua nei piezometri che dell'effettuazione di misure entro i tubi inclinometrici .

Si rileva , vista la complessità della situazione geo-morfologica la necessità di un adeguato sostegno preliminare dei lavori di sostituzione del muro . Una adeguatamente dimensionata palificata, data l'altezza dello scavo verosimilmente anche tirantata, se potrà garantire sostegno al taglio difficilmente, se non accompagnata da una preliminare azione di drenaggio, strabilizzare definitivamente la pendice:

Considerando l'ampiezza dell'area interessata dai lavori oltreché la delicatezza dell'intervento sul muro gradonato è stimabile un costo di massima sia delle opere drenaggio che di sostegno allo scavo dell'ordine dei 800-900 milioni.

Resta inteso che qualora, i futuri ed al momento ancora incerti, intendimenti progettuali variassero significativamente quella che è stata l'ipotesi progettuale urbanistica , gli studi fin qui eseguiti andranno , aldilà del senz'altro necessario approfondimento esecutivo, rivisti alla luce delle nuove progettualità.

L'ISTRUTTORE TECNICO GEOLOGO  
(Dott. Marco Signorelli)

