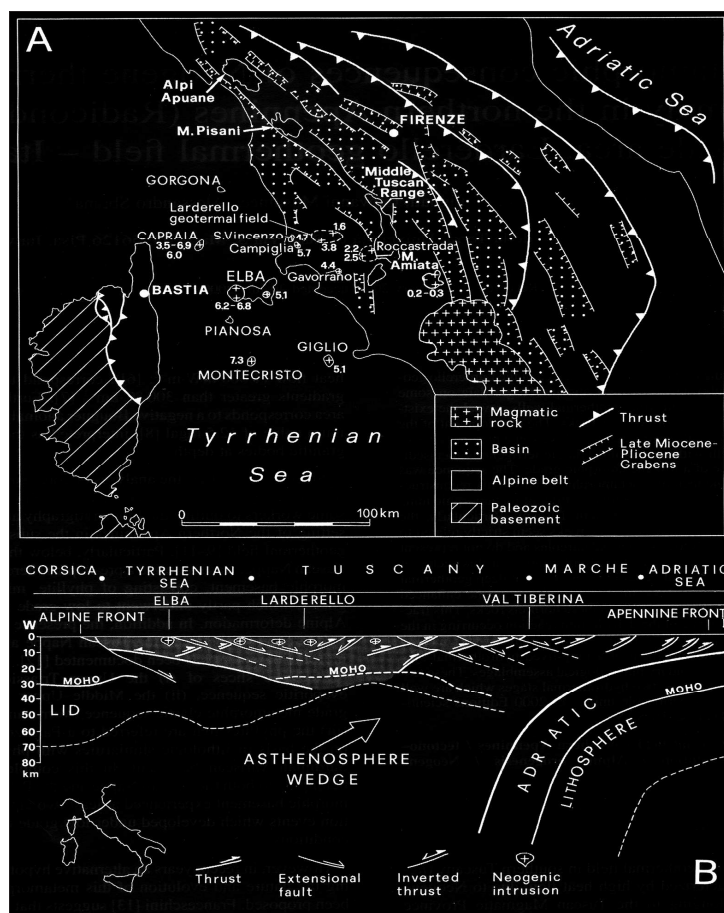


4 Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico

4.1 Inquadramento geologico regionale

L'Appennino Settentrionale è una catena a falde generata dalla deformazione e accavallamento delle unità dei seguenti domini: Dominio Ligure e Subligure e il Dominio Toscano (interno e esterno).

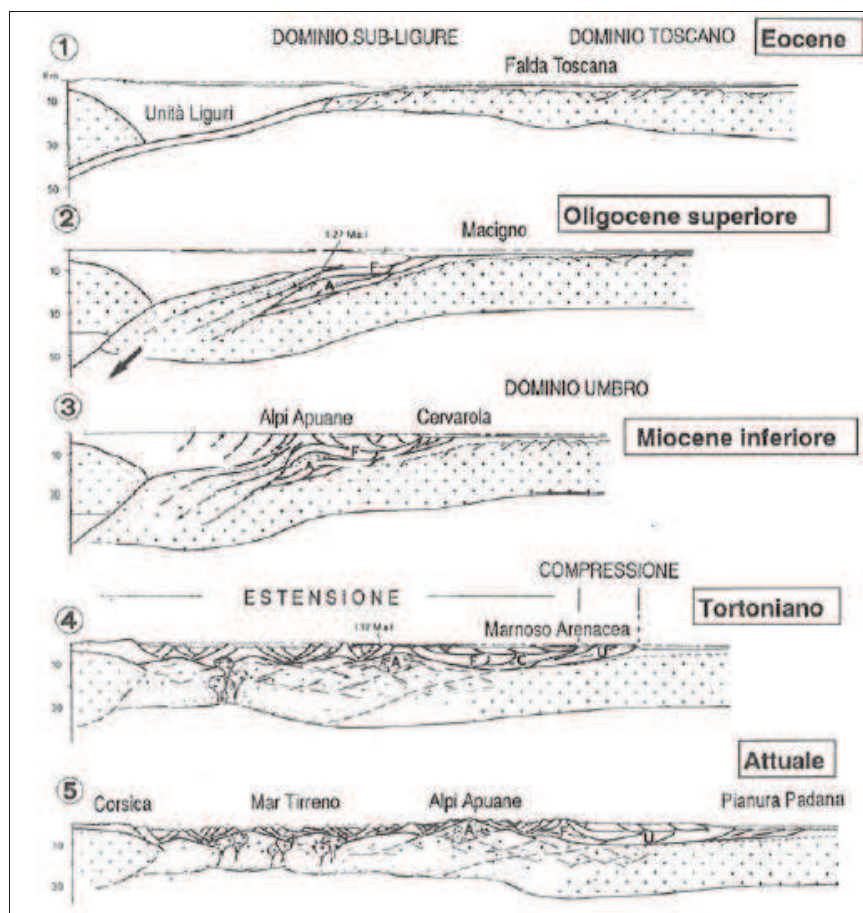
Figura 14 – Quadro strutturale Appennino settentrionale (*Carmignani et al.*, 1995; *Doglioni et al.*, 1998)



Nel Dominio Ligure sono comprese le unità del basamento oceanico e le coperture pelagiche sovrastanti (età Giurassico-Cretacico inferiore) insieme

ai flysch cretacico-paleogenici che si sono scollati dal loro substrato. Nel Dominio Subligure invece rientrano le successioni Cretacico-Eoceniche coinvolte in strutture a melange con le ofioliti e flysch a dominante calcarea scollati dal loro substrato.

Figura 15 – Evoluzione della catena appenninica (*Carmignani e Kligfield, 1990*)



Nel Dominio Toscano interno (Unità tettonica della Falda Toscana) sono comprese le successioni stratigrafiche dei terreni sedimentari non metamorfici che vanno dal Triassico superiore al Miocene. Il Dominio Toscano esterno (Unità Toscane metamorfiche) invece comprende le unità più profonde dell'edificio orogenico delle Alpi Apuane che sono costituite da filladi e quarziti del basamento cristallino paleozoico e dai soprastanti metaconglomerati quarzosi, filladi e quarziti del Triassico medio-superiore.

Durante il Cretacico Sup. la Placca Europea ha incominciato ad avvicinarsi alla Placca Africana con la formazione di un cuneo d'accrezione che porta alla formazione di importanti e complesse strutture tettoniche e al rovesciamento di tutta la successione sedimentaria. In queste strutture tettoniche sono coinvolti il Dominio Oceanico Ligure e Subligure. Durante l'Oligocene Sup. avviene la collisione tra la Placca Europea e la Microplacca Adriatica con il conseguente accavallamento delle unità ofiolitiche e delle loro coperture sopra le unità del paleomargine continentale apulo con formazione di una catena a pieghe e sovrascorrimenti con direzione di movimento verso nord-est. Contemporaneamente si ha lo spostamento dell'avampaese verso nord-est (Figura 14). A partire dal Tortoniano si stabilisce una fase tettonica distensiva caratterizzata da faglie dirette a basso e ad alto angolo che porta alla formazione nella Toscana settentrionale dei graben del Serchio e della Versilia, mentre nella Toscana meridionale dei bacini neogenici di Volterra e Radicondoli. Nel Miocene, la tettonica distensiva, induce anche un sollevamento isostatico con conseguente erosione delle unità stratigraficamente più alte che porta alla esumazione del complesso metamorfico apuano (Figura 15).

4.2 Inquadramento geologico dell'area

L'area oggetto di questa relazione si trova a nord-est del centro abitato di Pistoia, in località Momigno lungo il torrente Vincio di Montagnana. Le formazioni geologiche che affiorano nell'area dove andranno a impostarsi le opere in progetto sono derivabili dalla carta geologica in scala 1 : 10.000 della Regione Toscana (TAVOLA 1).

Il territorio in esame ha risentito della complessa evoluzione che ha portato alla attuale struttura dell'Appennino Settentrionale che è caratterizzato dalla presenza sia di formazioni afferenti alle unità Liguri che a quelle della Falda Toscana nonché dalle tipiche sequenze sedimentarie dei bacini neogenici che occupano le aree pianeggianti e/o pedecollinari.

Il territorio in esame è contraddistinto da due domini geologici afferenti da un lato alle unità del substrato roccioso e dall'altro alle unità continentali.

In particolare le prime sono diffuse nella parte montuosa del territorio mentre le seconde sono prevalenti nelle aree di fondovalle.

La parte montana del territorio è dominata con continuità dalla Formazione dell'Arenaria Macigno. Tuttavia in corrispondenza del centro abitato di Marliana è presente una importante struttura anticlinale dove affiorano le unità della Scaglia, del Calcare Selcifero e delle Marne a Posidonya. Le aree di pianura invece sono dominate dalla presenza di depositi alluvionali antichi distribuiti su diversi ordini di terrazzi e depositi alluvionali recenti. La pianura di Pistoia in particolare fa parte di quell'ampio sistema di pianure che comprende anche quella di Firenze e Prato e costituisce uno dei bacini intermontani che si sono formati a seguito della tettonica distensiva che ha interessato la catena appenninica a partire dal tardo Miocene. L'attuale pianura alluvionale deriva dal riempimento del bacino lacustre che occupava la depressione al momento della sua formazione (Villafranchiano), con il materiale detritico proveniente dai versanti settentrionali. In tempi recenti si sono create zone palustri e i torrenti e i fiumi hanno depositato una coltre alluvionale con spessori variabili che ha contribuito alla attuale morfologia pianeggiante.

Il tratto di valle del torrente Vincio di Montagnana all'interno del quale sono ubicate le opere in progetto è caratterizzato da una certa uniformità geologica, la cartografia ufficiale mostra infatti che affiorano con continuità i depositi afferenti alla Formazione dell'Arenaria Macigno. Questi sono tuttavia ricoperti da una spessa coltre detritica derivante dalla loro alterazione. All'interno dell'alveo del torrente le unità del substrato sono ricoperte da depositi alluvionali (b) e alluvionali terrazzate (bn). Il sopralluogo ha inoltre evidenziato che i versanti prospicienti l'alveo sono interessati da eventi franosi (scivolamento e crollo) e da estesi depositi di detrito di versante posti alla base del pendio.

Di seguito viene fornita una descrizione delle unità geologiche del substrato e di copertura affioranti nell'area di indagine.

Depositi Quaternari

a - Depositi di versante (Olocene) - Si tratta di depositi detritici spigolosi a varia granulometria accumulati per gravità alla base e sopra i versanti rocciosi più acclivi. Sono prevalentemente costituiti da clasti privi di matrice oppure immersi in sedimento sabbioso-limoso.

a1 - Depositi di frana (Olocene) - Sono depositi generati dall'accumulo caotico di elementi litoidi eterometrici ed eterogenei mal classati sciolti privi di matrice oppure immersi in matrice sabbioso-limosa. Sono distribuiti sia sulle aree di fondovalle sia sui pendii con forme sia concave che convesse. Si riconoscono forme sia attive (a1) che quiescenti (a1q) con varie tipologie di meccanismo di formazione.

ar - Depositi su superfici relitte. Coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani.

b - Depositi alluvionali (Olocene) - Si tratta di depositi costituiti da ghiaie, talora embricate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, generalmente incoerenti e caotici con clasti eterometrici ed eterogenei, da arrotondati a subarrotondati, la cui distribuzione e granulometria è soggetta alle variazioni della dinamica fluviale. Si trovano distribuiti nelle aree di fondovalle in corrispondenza dell'attuale livello del fiume o a quote di poco superiori.

bn - Depositi alluvionali terrazzati (Olocene) - Sono costituiti prevalentemente da ghiaie e conglomerati, eterometrici e mal classati, sia clasto che matrice-sostenuti, sovente monomittici. I clasti hanno dimensioni generalmente comprese tra pochi centimetri e qualche decimetro e mostrano spesso embriciatura e arrotondamento. Si trovano distribuiti a quote superiori dell'attuale livello del fiume.

b2a - Depositi eluvio-colluviali. Coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie) con frammenti litoidi grossolani derivanti da processi di alterazione e trasporto di entità limitata o non precisabile.

Unità della Falda Toscana

MAC - Arenaria Macigno (Oligocene medio-sup). Si tratta di arenarie quarzoso-feldspatiche di origine torbidity, in banchi gradati di spessore variabile alle quali si intercalano sottili strati di argilliti e siltiti. Nella parte alta della successione sono stati rinvenuti anche olistostromi di materiali argilloscisti afferenti ai complessi alloctoni tosco-emiliani e livelli di marne.

STO - Scaglia toscana (Cretacico Inf.-oligocene). Questa formazione è distinta in tre litofacies: 1) Argilliti varicolori prevalentemente rosse con molti fossili mal conservati (spessore tra 10 e 15 metri); 2) livelli diasprini caratterizzati da strati silicei di colore bruno nerastro (spessore tra i 5 e 10 cm) di colore giallastro con venature nere di manganese; 3) marne di colore rosso vinato violaceo con frattura scagliosa, compatte, con numerosi microfossili (spessore di 30-100 metri).

DSD - Diaspri (Turoniano). Radiolariti e selci rosse, verdi, grigie, rosso mattone o grigio-scure all'alterazione, in strati spessi da 2-10 cm a 30 cm, intensamente fratturate, con sottilissime intercalazioni di argilliti silicee rosse, verdi e grigio-verdi, più spesse (1-3 cm) e frequenti nella porzione superiore della formazione.

SVL - Calcare Selcifero della Val di Lima (Dogger sup.-Malm). Sono calcari di colore grigio scuro con liste di selce nera ed interstrati argillosi e marnosi giallastri. Gli strati calcarei hanno spessore variabile tra 5 e 20 cm, mentre le liste di selce arrivano fino a 20 cm. L'intera formazione ha una potenza di circa 2-12 metri.

POD - Marne a Posidonia (Lias sup.-Dogger). Sono calcari chiari (spessore di 20-50 cm) con selce alternati a livelli di marne colore rosso-giallastro di spessore di 30 cm. L'intera formazione ha uno spessore variabile tra 5 e 30 metri circa.

LIM - Calcare Selcifero di Limano (Lias medio-sup.). Questa formazione è costituita da calcari grigio chiaro-avana (spessore di 10-50 cm), venati di calcite con interstrati marnoso-giallastri talvolta contenenti noduli di selce di colore grigio rossastro.

4.3 Inquadramento geomorfologico

Il progetto si inserisce all'interno della zona montuosa che si trova a nord-est della pianura pistoiese nel contesto della valle del Torrente Vincio di Montagnana tra la quota di 490 e 600 metri s.l.m.m..

L'evoluzione di questo territorio risente della formazione della catena appenninica, e in particolare degli eventi tettonici sia di tipo compressivo che distensivo che sono avvenuti nella fascia compresa tra la pianura e le colline.

A livello di area vasta, da un punto di vista morfologico, il territorio presenta nella parte sud-est ampie aree pianeggianti legate alle pianure alluvionali che contrastano con le numerose cime che fanno da cornice alle valli della Valdinievole e della pianura pistoiese.

La distribuzione delle litologie delle varie unità geologiche ha contribuito ad influenzare notevolmente l'assetto morfologico dell'area. Infatti le aree montuose con versanti più acclivi e forme aspre sono dovute alla presenza di formazioni arenacee piuttosto competenti appartenenti alla Falda Toscana in particolare alla Formazione dell'Arenaria Macigno. Nella aree di pianura l'apporto di sedimenti grossolani ha portato alla formazione di una morfologia completamente pianeggiante. Tuttavia si possono riconoscere delle anomalie morfologiche legate a particolari apporti solidi. Infatti elementi geomorfologici caratteristici del territorio sono gli estesi conoidi alluvionali dei torrenti che spesso sono erosi nuovamente con formazione di incisioni delimitate da scarpate molto nette.

La carta geomorfologica della Regione Toscana (TAVOLA 2) mostra che il Torrente Vincio di Montagnana scorre all'interno dei depositi afferenti alla Formazione dell'Arenaria Macigno (Ar) generando dei fenomeni di erosione spondale nel tratto in esame. Proprio l'attività erosiva del torrente è alla base dei fenomeni franosi che caratterizzano i versanti. In particolare è possibile osservare la presenza di alcuni fenomeni franosi ancora attivi che partono dal centro abitato di Momigno e arrivano fino alla base del versante.

In generale tutto il territorio è caratterizzato da una franosità diffusa, si può osservare infatti la presenza di frane sia attive che quiescenti lungo i

versanti o comunque tutta una serie di depositi detritici che testimoniano una certa dinamica di versante. Il numero dei fenomeni franosi è legato principalmente alla attività erosiva dei corsi d'acqua al piede dei pendii o a particolari condizioni idrogeologiche. Molti versanti sono interessati da fenomeni erosivi secondo cicli stagionali che risentono fortemente dell'andamento delle piogge.

Le valli di questo settore quindi evidenziano una evoluzione gravitativa che è comunque diffusa, questo comporta che le unità geologiche del substrato sono ricoperte da una estesa coltre detritica con spessori variabili da un metro fino a qualche decina di metri nel caso di depositi di frana importanti. Queste coperture detritiche con caratteristiche litotecniche mediocri o scadenti, favoriscono lo svilupparsi di movimenti gravitativi di massa anche sui versanti a pendenza decisamente più contenuta. La carta geologica (TAVOLA 1) inoltre mette in evidenza che tutti i versanti prospicienti il torrente sono affette da deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV).

Si deve segnalare che il versante sul quale sorge l'abitato di Momigno è interessato da un fenomeno franoso classificato a pericolosità geomorfologica 4 il cui piede si assesta lungo il corso del Torrente Vincio di Montagnana nel tratto in cui dovrà passare la condotta di adduzione (Figura 7). L'evoluzione di questo deposito è stato studiato attraverso una apposita campagna di monitoraggio svoltasi dal 2008 al 2010 e riportata negli elaborati del PS del Comune di Momigno nella relazione "Allegato G3-Monitoraggio dell'area classificata P.F.4 dal PAI, nei dintorni del centro abitato di Momigno (2010)" e alla quale si rimanda per una analisi di dettaglio.

Secondo questo documento il movimento franoso è stato monitorato attraverso l'esecuzione di:

- n.6 sondaggi meccanici dei quali 4 sono stati attrezzati con inclinometro e i restanti 2 adibiti a piezometro
- n.27 prove SPT
- n.8 profili di sismica a rifrazione

- n.7 fessurimetri per il monitoraggio delle lesioni presenti su alcuni edifici

Nelle conclusioni del Rapporto si riporta che:

"Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo. Da un punto di vista litostratigrafico il versante è costituito da arenarie stratificate con giacitura favorevole alla stabilità generale che affiorano direttamente in superficie alla base del centro abitato;

Fessurimetri. La maggior parte dei fessurimetri posti in opera non ha registrato spostamenti significativi, tranne il fessurimetro n°5. Tenendo conto dei risultati delle misure inclinometriche si ritiene che il quadro fessurativo che interessa tali manufatti, abbia origini indipendenti dalla stabilità delle pendici;

Inclinometri. Il controllo degli spostamenti, prolungato per 2 anni come da incarico, non ha rilevato movimenti significativi, eccetto le ultime misure dell'inclinometro n° 4. Gli spostamenti rilevati indicherebbero un movimento di tutta la pendice, fino alla profondità di circa 18 m dal piano di campagna, senza, però, che vi siano segni evidenti sui manufatti posti immediatamente a monte.

In conclusione, in prima approssimazione, si ritiene giustificato che il rischio geomorfologico dell'area esaminata sia declassato da PF4 a PF3, prevedendo, per maggiore sicurezza, un proseguimento dei controlli nell'area dell'inclinometro 4, magari replicandolo, in modo da raggiungere una profondità maggiore, per esempio 30 m."

4.4 Idrografia ed idrogeologia

I fiumi principali che scorrono nella pianura di Pistoia sono il Fiume Ombrone e il Torrente Bure che provengono dai versanti meridionali dell'Appennino Pistoiese, inoltre vi scorrono i corsi d'acqua Forra Acqua Santa, Forra Orgitoio, Fosso del Santonuovo e Rio Formulla che provenendo dalle pendici orientali del Monte Albano si immettono nel Torrente Stella che a sua volta confluisce nel Fiume Ombrone.

Il torrente Vincio ricade nel bacino del fiume Ombrone, sottobacino del fiume Arno che copre una vasta area delimitata ad est dalle montagne appenniniche del Parco del Casentino, ad ovest dal mare Tirreno, a nord dall'area del Mugello e a sud dai monti centrali dell'Umbria settentrionale. Il bacino del fiume Arno, di superficie complessiva pari a 9.116 km², confina a nord-ovest con il territorio del bacino del fiume Serchio e sud-ovest con quello dell'Autorità di Bacino Toscana Costa.

Il Torrente Vincio nasce nel Comune di Marliana ad una altitudine di circa 960 metri s.l.m.m. presso la località Croce di Momigno ed è un affluente di sponda destra del Fiume Ombrone nel quale si immette in prossimità della località Pontelungo. La lunghezza complessiva è di circa 12 km. Nasce dalla confluenza del Fosso della Verginella con la Forra della Verginina presso la località Il Molino ad una quota di 540 metri s.l.m.m.. Durante il suo corso riceve le acque di numerosi fossi: i principali in sinistra idrografica sono il Fosso dell'Alberaccio, il Fosso della Marietta, il Fosso di Monte Fagno, il Fosso del Valo, il fosso Cupano; in destra idrografica invece riceve le acque dal Fosso della Terra Rossa, il Rio Secondo, il Fossello Secco, la Forra di Doccia, il Fosso dei Campi, il Fosso Ca' Sermo, il Fosso di Vignano, il Fosso della Ferriera. A questi affluenti principali si aggiungono tutta una serie di fossi e impluvi minori che con andamento rettilineo scendono dai versanti e affluiscono nell'asta principale.

Il Torrente Vincio ha un regime marcatamente torrentizio legato alla vicinanza con la catena montuosa dell'Appennino Pistoiese che permette facilmente l'intercettazione delle correnti di bassa pressione atmosferica di provenienza mediterranea ed atlantica, determinandone l'alta piovosità media annua con valori fino a 1.700 mm.

Il torrente scorre all'interno di versanti ripidi che ne limitano la variabilità spaziale determinando un andamento sinuoso a canale singolo. La pendenza del fondo è in generale ripida nella parte alta del bacino dove è stata addolcita attraverso la realizzazione di diverse briglie; scendendo più a valle si hanno pendenze via via più dolci fino ad arrivare in pianura dove assume una bassa pendenza. Nel tratto montano il fondo dell'alveo è dominato dalla presenza di sedimenti grossolani mentre ai lati dell'alveo si

trovano piccole piane inondabile che risentono della stagionalità delle piene, il tratto in pianura invece è caratterizzato da sedimenti più fini a formare ampi terrazzi alluvionali.

Da un punto di vista idrogeologico, le unità geologiche sono state suddivise in classi (1–4) di permeabilità tenendo conto della litologia, della fratturazione e della maggiore o minore propensione ai fenomeni carsici. La carta della permeabilità della Regione Toscana (TAVOLA 3) mette in evidenza che nell'area interessata dalle opere in progetto, sono prevalenti i depositi che hanno permeabilità secondaria media corrispondenti alla Formazione dell'Arenaria Macigno. Tuttavia sono presenti anche depositi con permeabilità medio-alta corrispondenti ai depositi alluvionali e alluvionali terrazzati.

4.5 Opere in progetto

L'evoluzione del Torrente Vincio è strettamente legata e condizionata dai processi fluviali congiuntamente a quelli di versante. Infatti la presenza di versanti ripidi in roccia ne condiziona sicuramente la morfologia allo stesso modo dei vari depositi franosi che ne hanno modificato e deviato di volta in volta l'alveo. La valle è caratterizzata da pareti quasi verticali costituite dalla Formazione dell'Arenaria Macigno che limitano la divagazione laterale del corso d'acqua. Il grado di fratturazione e di alterazione superficiale di questi depositi provoca un continuo disgaggio di materiale con formazione di frane per crollo più o meno estese. Nel tratto sotteso il sopralluogo ha infatti confermato che la base dei versanti rocciosi è coperta da depositi detritici (frane di crollo, detrito di versante). L'alveo è invece dominato dalla presenza di depositi alluvionali e/o alluvioni terrazzate che derivano direttamente dall'erosione delle coperture detritiche del substrato roccioso che affiora all'interno dell'alveo soltanto occasionalmente. Un altro apporto di sedimenti deriva dagli eventi franosi lungo i versanti del torrente generati da fenomeni di scalzamento al piede dei versanti stessi. Questi fenomeni erosivi ad oggi sono comunque limitati dalla presenza di piane inondabili o detriti di versante a grossi blocchi. Da un punto di vista litologico i sedimenti dell'alveo ma anche i detriti che costituiscono le coperture sono monogenici

in quanto costituiti tutti da arenarie afferenti alla Formazione dell'Arenaria Macigno.

L'alveo di tipo monocorsale è dominato da depositi alluvionali grossolani anche metrici. Il tratto più a monte vede la presenza di clasti di grandi dimensioni che portano ad una configurazione dell'alveo di tipo step-pool (a gradinata), più a valle invece si hanno tratti con una configurazione del tipo riffle-pool. Le variazioni stagionali delle portate producono inoltre lo sviluppo di fenomeni deposizionali con formazioni di terrazzi alluvionali più o meno estesi che vengono poi reincisi a seguito di eventi di piena. Dove la valle si allarga sono presenti piccole piane inondabili ubicate a quote leggermente superiori rispetto al letto del fiume sulle quali crescono alberi ad alto fusto. Si ha pertanto una tendenza del corso d'acqua all'erosione dei depositi precedentemente depositati.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, il substrato roccioso è formato da torbiditi della Formazione dell'Arenaria Macigno con caratteristiche di permeabilità per fratturazione media. Questi depositi sono sede di acquiferi nel caso in cui localmente siano presenti sistemi di fratture che possono permettere una certa infiltrazione delle acque in profondità e comunque limitata alla parte più superficiale degli affioramenti. Infatti in generale la permeabilità attraverso questi sistemi di fratture tende a diminuire con la profondità. I depositi alluvionali che ricoprono il letto del fiume e formano i terrazzi alluvionali adiacenti sono invece costituiti da materiale grossolano e da sabbie che hanno buone caratteristiche di permeabilità. Considerando l'estrema vicinanza al fiume di questi depositi è possibile che al loro interno possa essere presente una falda di subalveo alimentata in parte dalle acque meteoriche e in parte dalle acque del fiume. Il livello di questa falda risente delle variazioni stagionali del livello del fiume che comunque rappresenta il livello di base. Il sopralluogo tuttavia non ha messo in evidenza, nel tratto di fiume in esame, la presenza di sorgenti o di venute di acqua.

Nell'alveo non sono presenti barre fluviali mentre localmente è possibile osservare in modo alterno presso la sponda destra e sinistra dell'asta fluviale la presenza di piane inondabili poste a quote leggermente superiori

rispetto al letto del fiume e in alcuni casi dei terrazzi alluvionali più antichi. Nel tratto in esame è stata riscontrata la presenza di una sola isola stabile sulla quale è presente vegetazione arbustiva e arborea (Figura 16).

Figura 16 – Isola stabile all'interno dell'alveo in prossimità di una briglia



In generale la realizzazione delle opere in progetto, trattandosi di opere connesse ad una centrale idroelettrica, necessariamente avranno una interazione diretta con il corso d'acqua, tuttavia a riguardo è stato effettuato uno studio nel quale è stata verificata la compatibilità idraulica dell'opera e al quale si rimanda per i risultati inerenti questa problematica.

OPERA DI PRESA

L'opera di presa è costituita da una presa a trappola ubicata completamente interrata a monte della briglia esistente al di sotto della quota d'alveo attuale. A partire dalla presa si sviluppa il canale di adduzione che porta l'acqua al manufatto contenente la vasca dissabbiatrice e di carico ubicato in destra idrografica. Entrambe i manufatti saranno realizzati

in cemento armato. Le opere si trova ad una quota di 553 metri s.l.m.m., in questo punto l'alveo del torrente ha una larghezza di circa 10-12 metri.

Figura 17 – Ubicazione dell'opera di presa e del manufatto delle vasche di carico



Da un punto di vista geologico i due manufatti saranno realizzati all'interno dei depositi alluvionali che riempiono l'alveo e i bordi del torrente. Si tratta di depositi eterogenei costituiti da ciottoli (anche metrici) e ghiaie da arrotondate a sub angolari, talora embriciate, con spessori variabili da 0,50 ad oltre 1 metro.

I versanti prospicienti l'area dove saranno realizzate le opere secondo la cartografia geologica ufficiale (TAVOLA 1) sono costituiti dai depositi della Formazione dell'Arenaria Macigno. Il sopralluogo ha evidenziato che il substrato roccioso è ben visibile in destra idrografica dove le pareti del pendio sono molto acclivi e tendono alla verticalità. La forte acclività insieme alla fratturazione dell'ammasso roccioso porta alla genesi di frane di crollo come testimoniato dalla presenza di blocchi più o meno grandi alla

base del pendio. In sinistra idrografica invece il substrato è visibile soltanto in modo discontinuo in quanto ricoperto da una coltre detritica superficiale.

Durante il sopralluogo non sono stati evidenziati segni di dissesto in atto o incipienti, fatta eccezione per la normale azione del corso d'acqua. Il versante non presenta segni di instabilità ad eccezione dei sopramenzionati disaggi di materiale; la presenza di alberi incurvati testimonia comunque l'esistenza di fenomeni di creeping e/o soliflusso che interessano la spessa coltre detritica superficiale.

L'opera di presa a trappola e la condotta di adduzione saranno realizzate completamente interrata alle spalle dell'attuale briglia. Questo garantisce che non si avrà nessun tipo di interferenza con le portate del torrente ne tantomeno con il suo trasporto solido. Inoltre non si prevedono particolari problematiche legate a fenomeni erosivi in quanto la soglia della briglia stabilisce il livello minimo del letto del torrente nonché garantisce una diminuzione dell'energia del corso d'acqua prevenendo fenomeni di erosione. Le opere in cemento armato poi contribuiranno a rinforzare l'attuale struttura della briglia.

Il manufatto della vasca di carico sarà realizzato in sponda destra del torrente immediatamente a valle della briglia esistente in corrispondenza di un terrapieno sub pianeggiante costituito in parte da detrito di versante e in parte da depositi alluvionali. La realizzazione di questo manufatto non andrà ad interferire con il normale deflusso delle acque in quanto ubicata lungo l'argine destro, inoltre essendo costruita in cemento armato apporterà un miglioramento nelle condizioni di stabilità della sponda evitando fenomeni di erosione.

CONDOTTA FORZATA

L'acqua derivata sarà portata verso l'edificio di centrale mediante la posa di una condotta di adduzione interrata della lunghezza complessiva di circa 375 metri. La condotta si prevede in acciaio, di diametro 400 mm, rivestita internamente con resine epossidiche ed esternamente con guaina bitumata e alloggiata all'interno di uno scavo profondo circa 1,50 metri e largo circa 0,80-1,00 metro.

I primi 50 metri della condotta a partire dall'opera di presa, saranno alloggiati lungo il lato monte della strada comunale esistente (Figura 18). Il tratto in oggetto è caratterizzato dalla presenza in affioramento del substrato roccioso con sopra la sua coltre detritica. Il sopralluogo non ha messo in evidenza fenomeni di dissesto attivi o incipienti e la strada risulta stabile anche in virtù del fatto che è sorretta da un muro in cemento armato. Tuttavia la strada si sviluppa al margine di una parete rocciosa quasi verticale. L'acclività della scarpata e il fatto che la roccia è fratturata e stratificata porta a distacchi di blocchi di varie dimensioni nonché alla caduta di parte della coltre di suolo e vegetazione che si è sviluppata nella parte alta del rilievo.

Figura 18 – Strada Comunale. In giallo il tracciato della condotta di adduzione



A partire dalla località Molino, la condotta sarà alloggiata lungo il versante dove sono presenti dei terrazzamenti. Anche in questo caso la cartografia riporta che geologicamente il versante è costituito dai depositi della Formazione dell'Arenaria Macigno, in realtà siamo in presenza di spessi

depositi alluvionali e alluvioni terrazzate che sono stata stabilizzate attraverso dei terrazzamenti (altezza di circa 50-60 cm). Il comparto risulta stabile tuttavia visto che la posa della condotta necessariamente porterà alla demolizione di terrazzamenti, si suggerisce di eseguire i lavori per tratti della minore lunghezza possibile e al termine dei lavori ripristinare i terrazzamenti o prevedere delle opere di ingegneria naturalistica in loro sostituzione (Figura 19).

Figura 19 – Tracciato della condotta (in giallo) a partire dalla località Molino



Dopo questo tratto, la condotta attraverserà il fosso della Verginella. L'attraversamento avverrà interrando la condotta a circa 1,15 metri di profondità al di sotto della quota del *thalweg* del torrente all'interno dei depositi alluvionali. Una volta terminati i lavori non si prevedono problemi per il normale deflusso delle acque (Figura 20).

Passato il Fosso della Verginella, la condotta sarà alloggiata all'interno dei depositi alluvionali che formano una piana inondabile posta al bordo dell'alveo attuale in sponda destra fino a raggiungere una briglia esistente a

quota 518 metri s.l.m.m.. Visto che la condotta sarà ubicata lontano dal margine dell'alveo e viste le buone caratteristiche di permeabilità dei depositi alluvionali non si prevedono particolari interferenze con il normale deflusso delle acque.

Figura 20 – Attraversamento del Fosso della Verginella



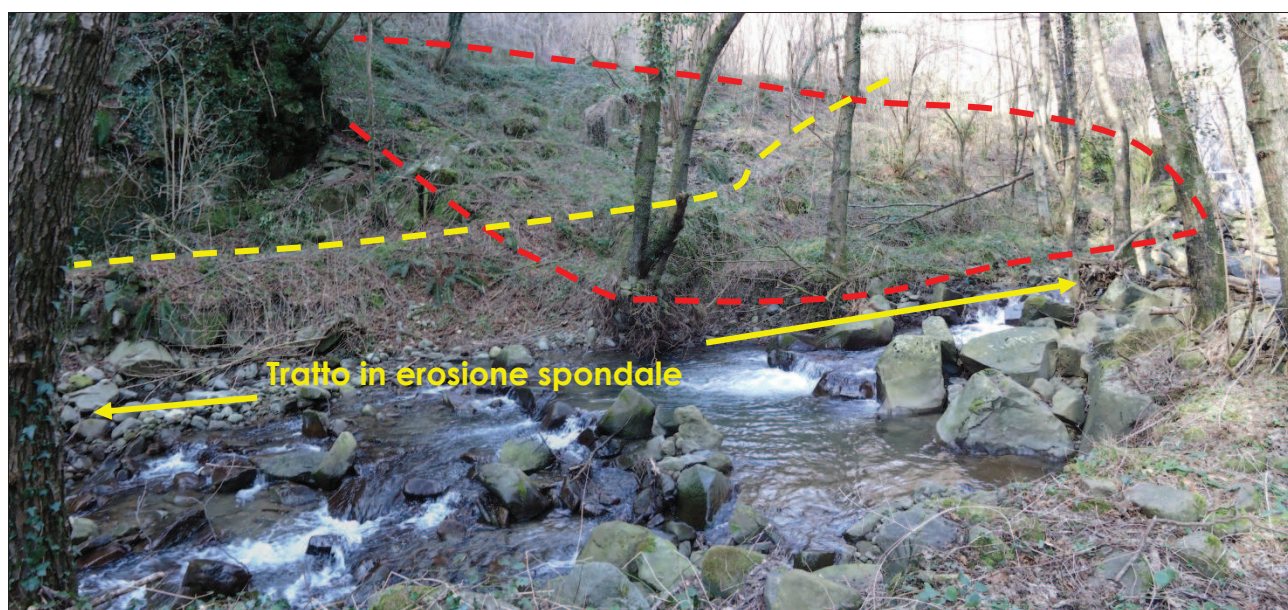
Superata la briglia la condotta sarà alloggiata lungo il piede di una frana classificata a pericolosità geomorfologica molto elevata dal PAI. Questo deposito è lo stesso che interessa l'abitato di Momigno, ed è stato oggetto di una serie di studi e di un monitoraggio da parte dell'amministrazione comunale dal 2008 al 2010.

Il rapporto conclusivo su tale monitoraggio "Allegato G3-Monitoraggio dell'area classificata P.F.4 dal PAI, nei dintorni del centro abitato di Momigno (2010)" allegato al PS del Comune di Momigno riporta che tale deposito non ha avuto movimenti significativi nell'arco temporale del monitoraggio e propone di declassare tale deposito da PF4 a PF3. Questo fenomeno può essere messo in relazione sia alla marcata inclinazione del versante sia

all'imbibizione delle masse detritiche a seguito di piogge prolungate. Si ritiene tuttavia che tale fenomeno franoso, come molti altri della zona, sia principalmente legato all'attività erosiva del torrente che ha inciso profondamente la valle attraverso fenomeni di scalzamento al piede del versante.

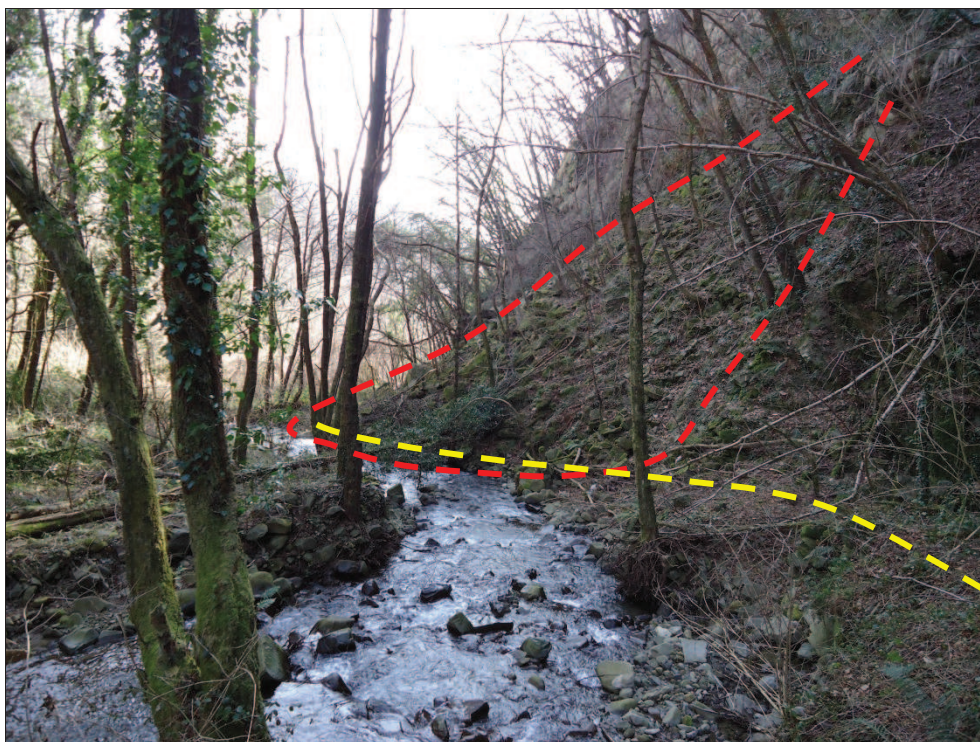
A seguito del sopralluogo è stato verificato che attualmente sul corpo di frana non sono presenti segni di movimento in atto o incipienti, il deposito sembra aver raggiunto un certo equilibrio al punto che è ricoperto con continuità da vegetazione erbacea ed arbustiva e da alberi bene sviluppati. Attualmente la presenza di una piccola piana inondabile protegge il piede della frana da fenomeni di erosione da parte del torrente. In questo tratto si suggerisce di posizionare la condotta interrata in una trincea della profondità pari alla metà del suo diametro e seguendo le asperità naturali del corpo di frana. Una volta posizionata dovrà essere ricoperta con terra e blocchi in modo da garantirne la protezione. In questo modo si limiterà al massimo l'interferenza dello scavo con il corpo di frana garantendone la stabilità. Inoltre si suggerisce di eseguire lo scavo per tratti successivi della minore lunghezza possibile riempiendo lo scavo subito dopo la stesura della condotta.

Figura 21 – Ubicazione della condotta (in giallo) rispetto al corpo di frana (in rosso)



Superato questo tratto il sopralluogo ha messo in evidenza la presenza di un deposito di frana di crollo che si è distaccato dalla scarpata rocciosa che delimita l'alveo. Questo deposito, costituito da grossi blocchi di arenaria, sembra aver raggiunto da tempo un certo equilibrio visto che è disseminato di alberi. Vista la natura grossolane dei blocchi non è soggetto ad effetti di scalzamento al piede da parte del torrente al punto che la sua presenza ha modificato il corso del torrente indirizzando l'energia fluviale verso la sponda sinistra che attualmente si trova in una situazione di erosione. La condotta sarà posizionata alla sua base e sarà ricoperta di terra e grossi blocchi a protezione dagli eventi erosivi del torrente.

Figura 22 – Frana di crollo (in rosso) lungo il corso del torrente. In giallo il tracciato della condotta



Il sopralluogo ha evidenziato che il tratto di alveo compreso tra i due corpi di frana presenta fenomeni erosivi delle sponde (Figura 21). A seguito della messa in opera della condotta si suggerisce di realizzare lungo tutto questo tratto una scogliera in pietrame che protegga non solo la condotta stessa ma anche il versante da fenomeni di erosione del fiume aumentando

la sicurezza geostatica del versante. Durante l'esecuzione dei lavori si dovrà inoltre prestare particolare attenzione ad eventuali disaggi di blocchi dalla parete rocciosa e mettere in opera le opportune tecniche di difesa attiva e passiva dal rischio di caduta massi.

Procedendo verso valle la condotta sarà posizionata all'interno di una piana inondabile (Figura 23) fino alla quota di 518 metri s.l.m.m. dove, in corrispondenza di una briglia, avverrà l'attraversamento del torrente. La condotta sarà alloggiata interrata al di sotto degli attuali depositi alluvionali a monte del manufatto. La presenza della condotta in alveo, essendo interrata ad una profondità di circa 115 cm, non apporterà modifiche al normale deflusso delle acque. La posa in adiacenza ad una briglia garantirà inoltre la protezione da fenomeni erosivi dell'alveo. Anche in questo caso visto che i lavori saranno eseguiti in prossimità del versante roccioso si dovranno applicare tutte le dovute attenzioni al fine di prevenire il rischio di caduta massi.

Figura 23 – Piana inondabile a valle della frana di crollo. In giallo la condotta di adduzione



La condotta prosegue poi in sponda sinistra del torrente per circa 100 metri fino a raggiungere l'edificio di centrale seguendo la traccia di un sentiero posto a mezzacosta (Figura 24). Da un punto di vista geologico il versante è caratterizzato da un substrato roccioso costituito dall'Arenaria Macigno che affiora in modo discontinuo al di sotto di una spessa coltre detritica che arriva fino al bordo dell'alveo. I depositi di copertura sono stati messi in relazione ai processi disagregativi e di alterazione del substrato roccioso e al successivo trasporto ad opera della gravità e delle acque. Il sopralluogo ha evidenziato che nel complesso questo tratto di versante risulta stabile. Tuttavia sono state individuate alcune piccole frane che interessano la coltre detritica. Questo aspetto insieme all'inclinazione degli alberi e dello stesso sentiero verso valle ha portato a ritenere che la coltre detritica superficiale sia soggetta a fenomeni di rimobilizzazione ad opera della gravità o per imbibizione di acqua.

Figura 24 – Sentiero a mezza costa lungo il quale verrà interrata la condotta di adduzione (in giallo)



In generale tutto il tratto vallivo indagato per la messa in opera della condotta risulta sufficientemente stabile, il sopralluogo tuttavia ha evidenziato comunque che localmente i versanti vallivi sono interessati da movimenti superficiali che interessano la coltre detritica o da piccole frane di crollo dove affiora il substrato roccioso. Pertanto, in corso d'opera, dovrà essere attentamente valutata la stabilità del pendio in relazione all'esecuzione dei lavori e se necessario saranno messi in opera opportuni interventi di stabilizzazione dei versanti.

Per la messa in opera della condotta si raccomanda di eseguire i lavori nel periodo estivo quando le precipitazioni sono minime in modo da ridurre la possibilità di infiltrazione e imbibizione delle masse detritiche nonché di lavorare nel momento di minima del torrente. Si suggerisce, nel momento in cui saranno eseguiti i lavori, di predisporre un efficiente sistema di regimazione e allontanamento delle acque superficiali dallo scavo. Inoltre è buona prassi procedere alla stesura della condotta per piccoli tratti successivi e ridurre al minimo l'apertura degli scavi. In particolare per il tratto ubicato lungo il sentiero a mezzacosta, come da progetto, dovranno essere realizzate delle opere di ingegneria naturalistica finalizzate a stabilizzare il versante alle quali associare un sistema di canalizzazione e allontanamento delle acque piovane.

Per i tratti in alveo, una volta eseguita la posa della condotta lo scavo sarà colmato con lo stesso materiale escavato, in questo modo non si avranno modifiche al naturale deflusso delle acque.

Pertanto sebbene il settore risulti nel suo complesso stabile, si ritiene di valutare le effettive condizioni locali di stabilità del versante in fase esecutiva.

EDIFICIO DI CENTRALE

L'edificio di centrale è ubicato in sponda sinistra del torrente Vincio ad una quota di circa 497 metri s.l.m.m. a valle di una briglia esistente. Il manufatto della centrale è un edificio in cemento armato di dimensioni in pianta di 6,80x5,95 metri ed altezza di 3,50 metri. Tuttavia è previsto un

piccolo volume fuori terra di dimensioni in pianta di 3,00x2,30 metri e alto 2,00 metri.

L'edificio di centrale sarà realizzato all'interno dell'attuale argine in parte incassato nel versante (Figura 25). Da un punto di visto geologico si tratta di depositi di versante eterometrici costituiti da blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie mal classati e caotici, generalmente spigolosi, privi di matrice oppure immersi in sedimento sabbioso-limoso.

Da un punto di vista geomorfologico la situazione risulta stabile fatta eccezione per la normale attività erosiva del torrente e per le condizioni del versante già espresse per il tratto di condotta lungo il sentiero. La realizzazione dell'edificio di centrale in cemento armato non andrà ad interferire con il normale deflusso delle acque e apporterà un miglioramento della stabilità della briglia e delle sponde evitando i fenomeni erosivi del torrente nonché migliorare la stabilità globale di questo tratto di versante.

Figura 25 – Ubicazione dell'edificio di centrale (in giallo)



ELETTRODOTTO

A partire dall'edificio di centrale i primi 300 metri di elettrodotto saranno interrati a fianco della condotta di adduzione. Pertanto per il tratto interrato di elettrodotto si possono ritenere valide le stesse considerazioni espresse precedentemente per la condotta di adduzione.

A partire dalla quota di 550 metri s.l.m.m. l'elettrodotto diverrà aereo e sarà sostenuto da quattro pali che dalla località Molino porteranno la linea aerea fino alla località C. Ciarilli a quota 590 metri s.l.m.m. con una direzione circa est-ovest seguendo in parte la strada comunale. In località C. Ciarilli sarà riutilizzato il sostegno esistente. Tutti i sostegni saranno ubicati lungo il versante all'interno della copertura detritica che ricopre il substrato roccioso formato dai depositi dell'Arenaria Macigno che affiora lungo il taglio della strada comunale. Da un punto di vista geostatico, i siti di ubicazione dei sostegni risultano stabili e anche il sopralluogo non ha messo in evidenza fenomeni di dissesto in atto. Anche l'asse stradale lungo il quale correrà la linea elettrica non mostra segni di cedimento. Per quanto riguarda il secondo sostegno a partire dalla località Molino, visto l'acclività del pendio, si suggerisce di ubicarlo lato monte a sostituzione di quello già esistente.

RACCOMANDAZIONI GENERALI

In generale tutto il settore esaminato risulta stabile, ma visto il fatto che i lavori saranno eseguiti in parte all'interno dell'alveo del torrente si suggerisce di concentrare il cantiere nel periodo estivo. In questo modo potranno essere evitati problemi di stabilità dei fronti di scavo generati dall'infiltrazione delle acque piovane e/o dalle acque del fiume. Nel caso in cui non fosse possibile realizzare i lavori nel periodo asciutto è consigliabile predisporre, in fase di cantiere, un efficace sistema di pompaggio delle acque.

Poiché le opere da realizzare si trovano nelle immediate vicinanze del corso d'acqua, è opportuno durante le fasi di cantiere utilizzare macchine in perfetta efficienza in modo da evitare che avvengano sversamenti accidentali tutelando quindi la qualità delle acque.

Durante l'esecuzione dello scavo per la posa della condotta di adduzione si dovrà operare in modo da ridurre la possibilità di infiltrazione e imbibizione delle masse detritiche predisponendo un adeguato sistema di regimazione e allontanamento delle acque superficiali. Inoltre si suggerisce di realizzare gli scavi per tratti successivi della minore lunghezza possibile facendo trascorre il minor tempo possibile tra l'apertura e la chiusura dello scavo.

5 Caratteristiche geotecniche

La carta litotecnica della Regione Toscana è stata realizzata a partire dalla carta geologica classificando le unità in funzione delle loro caratteristiche litologiche e litotecniche. Secondo la cartografia risulta che (TAVOLA 4):

- L'opera di presa si trova ubicata su litotipi coerenti del tipo LC6-Materiale lapideo plurilitologico stratificato e fratturato
- La condotta di adduzione è ubicata in parte su litotipi coerenti del tipo LC6-Materiale lapideo plurilitologico stratificato e fratturato e in parte su litotipi incoerenti del tipo LI3-Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana
- L'edificio di centrale è ubicato su litotipi coerenti del tipo LC6-Materiale lapideo plurilitologico stratificato e fratturato
- L'elettrodotto interrato sarà alloggiato all'interno sia di litotipi coerenti del tipo LC6-Materiale lapideo plurilitologico stratificato e fratturato sia in litotipi incoerenti del tipo LI3-Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana
- I sostegni dell'elettrodotto aereo saranno posizionati su litotipi coerenti del tipo LC6-Materiale lapideo plurilitologico stratificato e fratturato

Il sopralluogo ha comunque evidenziato che il substrato roccioso è visibile in modo discontinuo (lungo i tagli delle strade) in quanto è generalmente coperto da una coltre detritica superficiale. Pertanto dalle informazioni fino ad ora disponibili si ritiene che in generale tutte le opere saranno alloggiate su litotipi incoerenti. Si tratta quindi di depositi eterometrici ed eterogenei con un comportamento che può variare da prevalentemente attritivo nel caso in cui i depositi presentano quantità elevate di sabbie e/o ghiaie, a coesivo dove invece è prevalente la frazione granulometrica limosa e/o argillosa. La Formazione dell'Arenaria Macigno invece rappresenta il substrato roccioso. Si tratta di litotipi litoidi stratificati più o meno fratturati e/o scompaginati in superficie che hanno comunque buone caratteristiche geomeccaniche che migliorano con la profondità.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione delle opere in progetto, al momento, è stata fatta soltanto sulla base della cartografia geologica esistente e su dati disponibili su aree limitrofe o in letteratura. Dalla letteratura reperibile in merito ai suddetti depositi, è stato possibile estrapolare i valori relativi ai parametri geotecnici che meglio caratterizzano le varie classi litotecniche presenti nelle territorio in studio (Tabella 8).

Tabella 8 – Parametri geotecnici preliminari dei litotipi presenti nell'area di studio da bibliografia (ϕ' : angolo di attrito interno, γ_{SAT} : peso di volume saturo, c' : coesione drenata, σ_c : resistenza a compressione uniassiale)

Litotipo	ϕ' (°)	γ_{SAT} (kN/m ³)	c' (kPa)	σ_c (MPa)
Depositi detritici	17-20	17-19	0	-
Depositi alluvionali	30-34	18-20	0	-
Substrato roccioso	35-40	20-22	0	30-40

Questa schematizzazione rappresenta un primo modello di riferimento per la pianificazione delle indagini volte alla definizione del modello geotecnico del sito e i parametri geotecnici forniti sono da considerare puramente indicativi. Una caratterizzazione più precisa potrà essere fornita solo al momento del progetto esecutivo a seguito dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche che si consiglia di prevedere per la realizzazione delle opere.

6 Modellazione sismica

6.1 Classificazione sismica del territorio comunale

Il territorio comunale di Marliana è inserito nella classe sismica 2 ai sensi della Del.G.R.T. n.878 del 08 ottobre 2012 (L.R. 4/2012) (accelerazione orizzontale massima $0,15 < a_g \leq 0,25$ g).

6.2 Parametrizzazione dell'azione sismica

Il D.M. 14 gennaio 2008 (di seguito DM) ha modificato la tipologia di approccio alla pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale¹ su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s), che attualmente viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente" come definito precedentemente nel "*Rapporto Conclusivo sulla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica*", elaborato nel 2004 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia successivamente all'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/2003.

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedente normativa nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base a_g , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, era direttamente derivante dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Con l'entrata in vigore del DM la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del DM, la stima dei parametri

¹ L'accelerazione massima a_{MAX} corrisponde al picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni), per terreni compatti, roccia o suolo molto rigido, in occasione di terremoti di moderata o alta magnitudo, che si verificano a distanza dal sito da media a elevata.

spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'allegato B del DM).

Ai sensi del DM, fissata la vita nominale V_N , la classe d'uso C_U e la vita di riferimento V_R (vedi Tabella 9) è possibile determinare i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*_C su sito di riferimento rigido orizzontale necessari per la determinazione delle azioni sismiche, dove:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Tabella 9 – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

Coordinate opera di presa	Long: 10,81853°E Lat: 43,97615°N
Coordinate edificio di centrale	Long: 10,82133°E Lat: 43,97395°N
Vita nominale V_N	≥ 50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso C_U	1
Vita di riferimento V_R	50 anni

L'allegato B al DM riporta i valori dei suddetti parametri, per ciascun nodo del reticolo di riferimento, relativi alla pericolosità sismica.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri "p" (a_g , F_0 e T^*_C) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della

maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (vedi Figura 26 e Figura 27), utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

- p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame
- p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame
- d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta

Figura 26 – Ubicazione opera di presa rispetto ai nodi del reticolo di riferimento

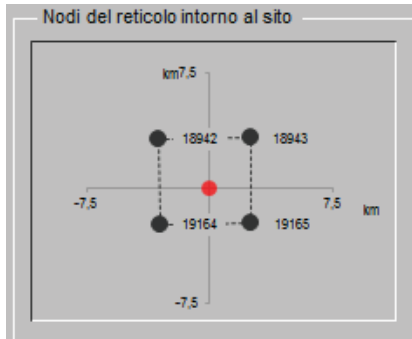
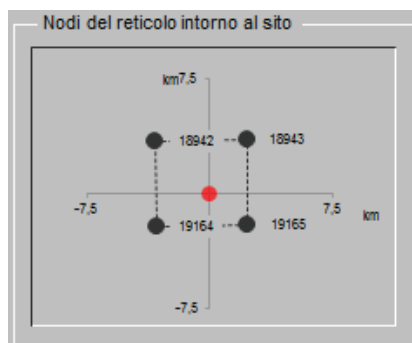


Figura 27 – Ubicazione edificio di centrale rispetto ai nodi del reticolo di riferimento



Utilizzando il documento *.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, è stato possibile determinare i parametri suddetti per le assunzioni riportate in Tabella 9 (vedi Tabella 10 e Tabella 11).

Tabella 10 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza dell'opera di presa

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,055	2,478	0,248
SLD	50	0,070	2,454	0,261
SLV	475	0,174	2,406	0,285
SLC	975	0,224	2,407	0,290

Tabella 11 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza dell'edificio di centrale

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,055	2,479	0,248
SLD	50	0,069	2,457	0,261
SLV	475	0,173	2,404	0,285
SLC	975	0,222	2,403	0,290

Ai sensi del DM, gli SLO (Stato Limite di Operatività) e SLD (Stato Limite di Danno) rappresentano gli Stati Limite di Esercizio (SLE), mentre gli SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso) rappresentano gli Stati Limite Ultimi (SLU) della costruzione.

6.3 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito

rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Tabella 12 – Categorie di sottosuolo per le opere in progetto

Opera	Categoria di sottosuolo	Descrizione
Opera di presa	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
Edificio di centrale	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- Effetti stratigrafici, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- Effetti topografici, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per

56 di 63

effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere definita la categoria di sottosuolo. Sulla base dei dati disponibili in questo momento, è possibile attribuire alle opere in progetto le categorie di sottosuolo di Tabella 12. In fase di progetto esecutivo, al fine di ottemperare ai contenuti delle NTC08, si raccomanda di eseguire una opportuna campagna geognostica e sismica finalizzata alla corretta definizione della categoria di sottosuolo.

Relativamente alle condizioni topografiche, tutte le tipologie di intervento possono essere ricondotte alla categoria topografica T2, caratterizzata dai pendii con inclinazione media $> 15^\circ$.

6.4 Stabilità nei confronti della liquefazione

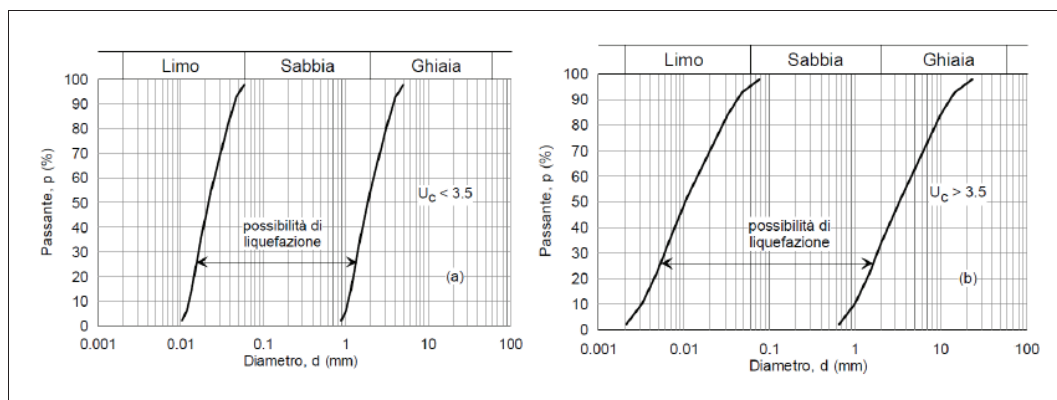
Per liquefazione si intende quel fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a modesta profondità dal piano campagna, sottoposti a sollecitazioni da azioni sismiche cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Le N.T.C. 08 e successiva circolare danno le seguenti indicazioni in merito alla verifica di liquefazione: *"La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:*

- *Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5*
- *Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g*
- *Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali*

- *Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa*
- *Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$ " (Figura 28)*

Figura 28 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione secondo le N.T.C. 08



Nel caso specifico, le considerazioni in merito al contenuto d'acqua ed alla magnitudo raggiungibile presso l'area, ed eventuali verifiche di liquefazione, saranno effettuate nelle relazioni di supporto alla progettazione esecutiva.

6.5 Determinazione k_H e k_V

La determinazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica sono fondamentali per una corretta determinazione dello spettro di risposta elastico in accelerazione e in spostamento. Le espressioni che definiscono lo spettro di risposta delle componenti orizzontali e verticali

contengono difatti alcuni coefficienti che tengono conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche. In merito alla situazione sito specifica, i valori assunti da tali coefficienti per lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali sono i seguenti:

- $S_S \text{ OPERA DI PRESA} = 1,50 \text{ (SLO-SLD); } 1,449 \text{ (SLV); } 1,377 \text{ (SLC)}$
- $S_S \text{ EDIFICIO DI CENTRALE} = 1,50 \text{ (SLO-SLD); } 1,450 \text{ (SLV); } 1,379 \text{ (SLC)}$
- $S_T = 1,0$ (ci troviamo alla base del pendio)

Sulla base di questi parametri è stato possibile determinare i coefficienti sismici orizzontali del terreno (k_H) collegati ai quattro SLU attraverso la seguente formula:

$$k_H = \beta_s S_S S_T a_g$$

La determinazione del coefficiente di riduzione β_s , dipendente dall'accelerazione massima attesa al sito e dalla categoria di sottosuolo, viene effettuata in base alle indicazioni riportate alla Tabella 7.11.I del DM, riportata nella seguente Tabella 13.

Tabella 13 – Coefficienti β_s di riduzione dell'accelerazione sismica massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il coefficiente sismico verticale del terreno (k_V) è invece assunto pari alla metà del coefficiente sismico orizzontale ai sensi del DM, ovvero:

$$k_V = 0,5 k_H$$

Sulla base di quanto espresso sopra, nelle seguenti Tabella 14 e Tabella 15 sono riportati i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali k_H e k_V calcolati per i quattro SLU (SLO – SLD – SLV – SLC).

Tabella 14 – Valori k_H e k_V calcolati per l'opera di presa

Stato Limite	k_H (g)	k_V (g)
SLO	0,017	0,008
SLD	0,021	0,011
SLV	0,061	0,030
SLC	0,086	0,043

Tabella 15 – Valori k_H e k_V calcolati per l'edificio di centrale

Stato Limite	k_H (g)	k_V (g)
SLO	0,017	0,008
SLD	0,021	0,010
SLV	0,060	0,030
SLC	0,086	0,043

7 Conclusioni

Nella presente relazione sono stati illustrati gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici delle aree interessate dalla realizzazione di una centralina idroelettrica ad acqua fluente denominata "Molino" ubicata nel Comune di Marliana, lungo il torrente Vincio di Montagnana (PT) al fine di verificare la compatibilità dell'opera stessa con le caratteristiche del territorio.

Da un punto di vista geologico la valle del torrente è dominata dalla presenza dei depositi della Formazione dell'Arenaria Macigno che costituiscono il substrato roccioso. Si tratta di depositi torbiditici arenacei a componente quarzoso-feldspatica strutturati in banchi di spessore variabile con intercalazioni di strati sottili di argilliti e siltiti. Questa unità è con continuità ricoperta da una coltre detritica e/o da depositi di frana derivanti dai processi di alterazione del substrato roccioso. Il fondovalle del torrente è invece caratterizzato dalla presenza di spessi depositi alluvionali e alluvioni terrazzate costituiti da blocchi, ciottoli anche metrici, ghiaie e sabbie generalmente incoerenti e caotici con clasti eterometrici da arrotondati a sub arrotondati.

Da un punto di vista geomorfologico le aree dove saranno realizzate l'opera di presa e l'edificio di centrale non presentano particolari problematiche in quanto non sono presenti dissesti in atto o incipienti ad eccezione della naturale azione modellante del fiume. In corrispondenza dell'ubicazione dell'edificio di centrale è stato osservato comunque che la coltre detritica di copertura del versante presenta segni di rimobilizzazione seppur di piccola entità. La realizzazione dei due manufatti (opera di presa ed edificio di centrale), essendo in cemento armato, andrà a migliorare le condizioni di stabilità delle sponde evitando fenomeni di erosione e di scalzamento al piede e quindi anche del versante. In merito alla presa a trappola che sarà realizzata direttamente in alveo, essendo costruita a raso alla stessa quota della briglia, non andrà a creare problemi al naturale deflusso delle acque del torrente. La condotta di adduzione sarà alloggiata all'interno dei depositi alluvionali presenti al bordo dell'alveo del torrente e

nell'ultimo tratto in depositi di versante. In generale lungo tutto il tracciato non sono state evidenziate particolari problematiche tuttavia un tratto della lunghezza di circa 50 m sarà alloggiato alla base di un deposito di frana classificato PF4 dal PAI. Dal sopralluogo non sono emersi fenomeni di movimento in atto o incipienti del corpo di frana che quindi sembra aver raggiunto un certo equilibrio geostatico. Lungo questo tratto la posa della condotta dovrà essere effettuata eseguendo uno scavo a mezzo tubo al fine di limitare al massimo possibili interventi che possono andare a pregiudicare la stabilità del corpo di frana e seguendo quelle che sono le naturali asperità del terreno. Successivamente sarà ricoperta con terra e pietre con funzione di protezione. Inoltre, visto che la causa del fenomeno franoso è da legare ai processi di erosione del fiume, dovrà essere realizzata una scogliera in pietra a protezione del tratto di sponda in esame. Al momento non si può escludere che in corso d'opera sia necessario utilizzare delle opere provvisorie per la stabilizzazione del versante al fine di eseguire i lavori in tutta sicurezza.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, la realizzazione delle opere non andrà a modificare in modo sostanziale la circolazione idrica superficiale e sotterranea in virtù del fatto che le opere a diretto contatto con il torrente saranno realizzate in depositi alluvionali dalle buone caratteristiche di permeabilità. Tuttavia poiché i lavori saranno eseguiti nelle immediate vicinanze del torrente, è opportuno durante la fase di cantiere, adottare le appropriate attenzioni al fine di tutelare la qualità delle acque, utilizzando macchine revisionate e in perfetta efficienza in modo da evitare qualsiasi tipo di sversamento accidentale.

Durante la fase di cantiere si suggerisce di realizzare gli scavi per tratti successivi della minore lunghezza possibile e di predisporre un sistema di pompaggio al fine di allontanare eventuali ristagni di acqua dagli scavi. Inoltre è buona norma eseguire i lavori durante la stagione asciutta quando le precipitazioni sono scarse e il livello del fiume minimo. Anche l'apertura degli scavi dovrà essere ridotta al minimo al fine di evitare il rilassamento delle pareti e/o del fondo e l'infiltrazione delle acque.

In molti tratti il torrente è delimitato da pareti verticali in roccia alla base delle quali dovranno essere eseguiti i lavori di scavo per la posa della condotta di adduzione. In fase esecutiva, per ogni tratto, dovrà essere valutato attentamente il grado di alterazione del versante e dovranno essere adottate le migliori tecniche di difesa attiva e passiva dal rischio di caduta massi. Se ritenuto necessario si dovrà prevedere il disgaggio preventivo dei blocchi rocciosi instabili in modo da garantire la sicurezza delle maestranze.

Sulla base di quanto esposto nella presente relazione, le aree studiate posso essere considerate idonee alla realizzazione dell'intervento. Tuttavia in fase esecutiva, dovrà essere prevista una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla valutazione diretta della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni dove andranno ad imporsi le opere. I dati acquisiti serviranno per effettuare le verifiche dei cedimenti e per il calcolo della capacità portante dei terreni, della stabilità dei fronti di scavo e dei versanti, e se necessario per la verifica alla liquefazione. Inoltre, come richiesto dal D.M. 14/01/2008 e ss.mm.ii., si dovrà effettuare una campagna di indagini geofisiche in modo da definire correttamente lo spessore e la velocità dei litotipi sepolti. A seguito delle indagini geognostiche puntuali si potranno avere anche informazioni circa la presenza e la profondità di eventuali falde.

Infine si raccomanda la gestione delle terre e rocce da scavo a norma di legge: riutilizzo in cantiere o extra-opera come sottoprodotto, previo accertamento dei requisiti necessari e predisposizione del Piano di Utilizzo, o smaltimento presso un impianto autorizzato

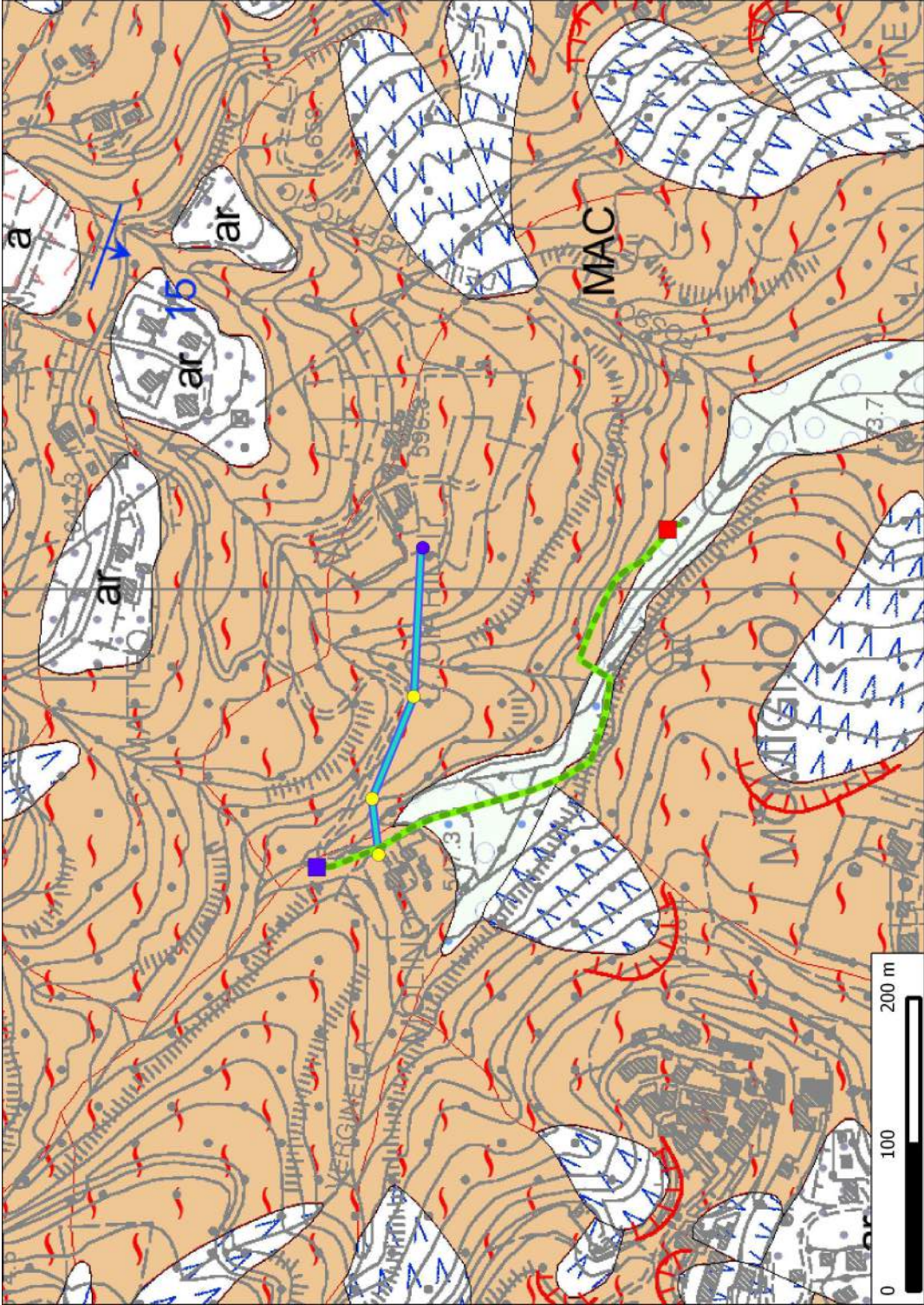
A disposizione per approfondimenti e chiarimenti

Dott. Geol. Luca Bargagna



TAVOLE

TAVOLA 1. Carta geologica della Regione Toscana (Foglio 262020, scala 1:10.000)



DEPOSITI QUATERNARI

a1q-Depositi di frana

b (GS)-Depositi alluvionali attuali

bn (GS)-Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati

a-Depositi di versante

ar -Depositi su superfici relitte

DOMINIO TOSCANO
FALDA TOSCANA

MAC-Macigno
(Rupeliano sup-Chattiano sup.)

Orlo di scarpata di frana o DGPV

Trincea di frana o DGPV

DGPV

Legenda

- Edificio di centrale
- Punto di allaccio
- Opera di presa
- Elettrodotto
- Pali linea elettrica

TAVOLA 2. Carta geomorfologica del PS del Comune di Marliana

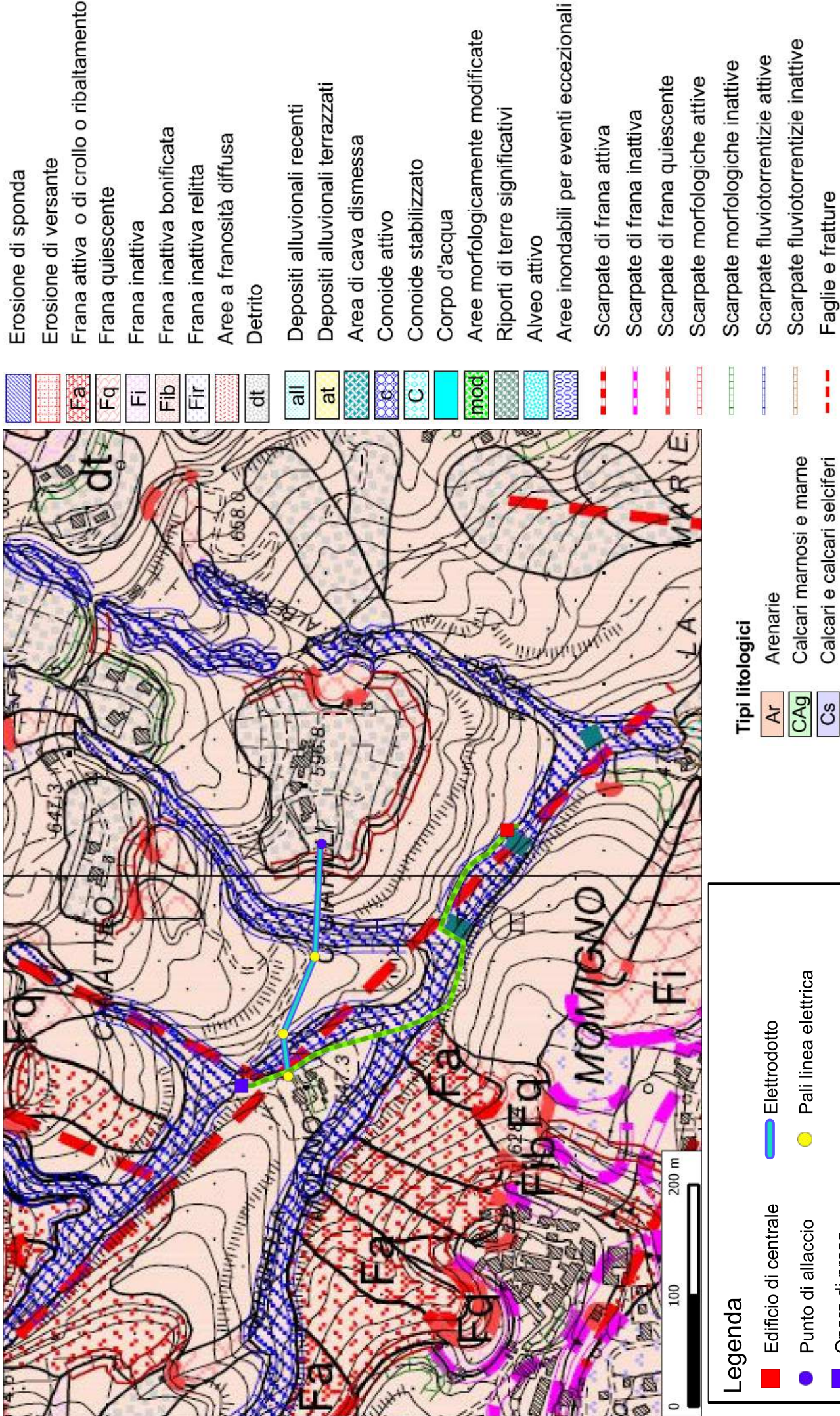


TAVOLA 3. Carta della permeabilità della Regione Toscana (Foglio 262020, scala 1:10.000)

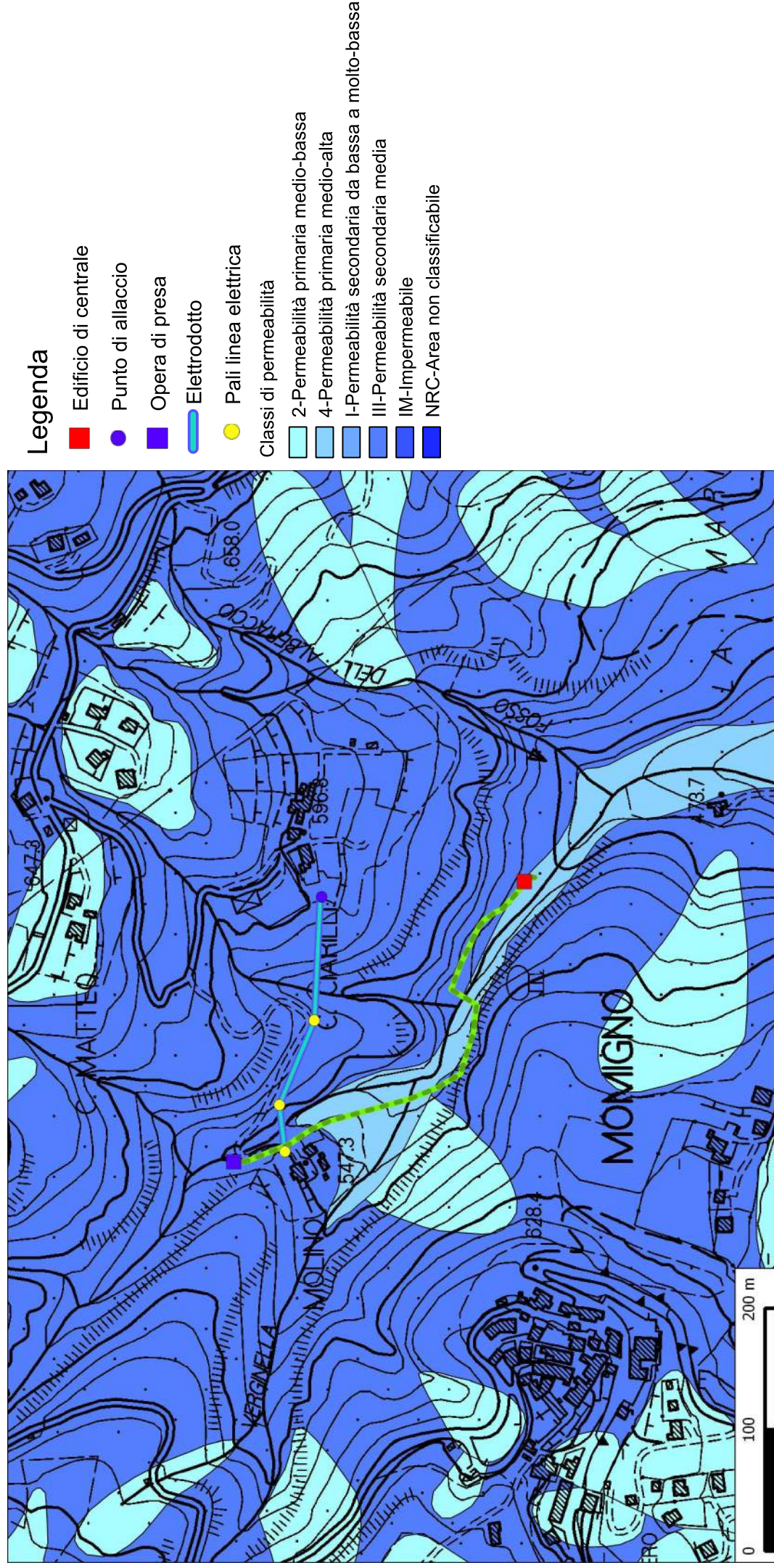
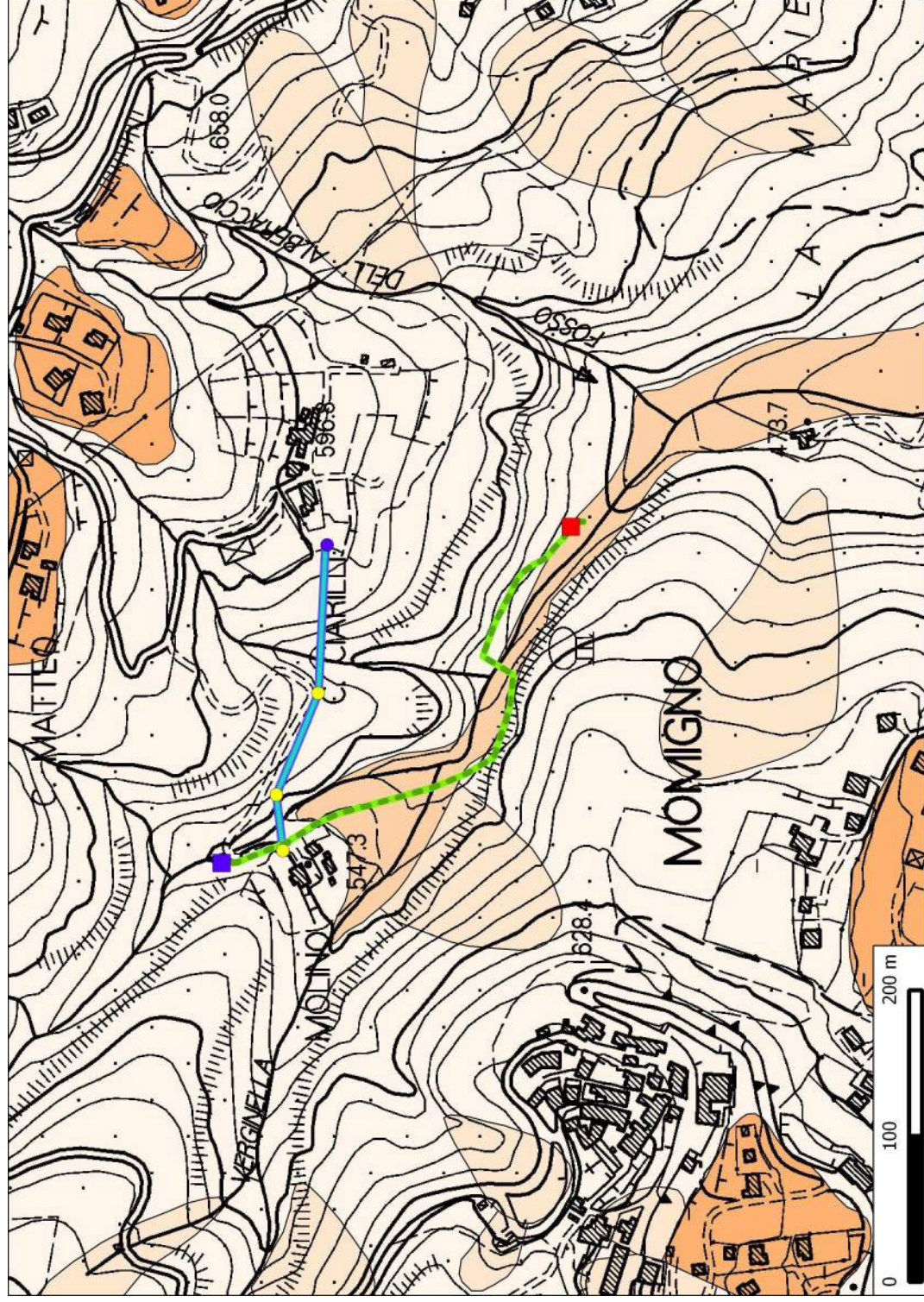


TAVOLA 4. Carta litotecnica della Regione Toscana (Foglio 262020, scala 1:10.000)



- LC6-Materiale lapideo plurilitologico stratificato fratturato
- LI1-Materiale detritico eterogeneo ed eterometrico (depositi di versante s.l.)
- LI3-Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana
- LI5-Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza fine
- LP2-Materiale coesivo poco consolidato o molle (argille plastiche)
- LS3-Materiale coesivo sovraconsolidato
- LS4-Unità pre-neogeniche prevalentemente argillose; terreni eterogenei ad assetto caotico
- NRC-Aree non rilevabili o non classificabili