



COMUNE DI NAPOLI

AREA TRASFORMAZIONE DEL TERRITORIO
SERVIZIO VALORIZZAZIONE DELLA CITTA' STORICA - SITO UNESCO

Programma Operativo Regionale Campania
FESR 2014/2020

Asse VI - Priorità di investimento 6c - Obiettivo specifico 6.7 - Azioni 6.7.1 e 6.8.3

*Grande Progetto Centro storico di Napoli
valorizzazione sito UNESCO - Intervento n. 27*

AREA DEL CENTRO ANTICO DI NAPOLI INTERESSATA DALLA ZTL

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA AREE PEDONALI E ZONE A
TRAFFICO LIMITATO INTERNE AL PERIMETRO UNESCO

CUP B63J20000030006

Elaborati generali

Data:
Febbraio 2020

Rappresentazione: **Indagini e Ricerche
Preliminari**

Scala

Codice:
ER_IND_01

Progettisti - ing. Giuseppe D'Alessio (Coordinatore della Progettazione), arch. Angela D'Anna, ing. Francesco Addato, ing. Valerio Esposito, geom. Luciano Marino, dott. Giuseppe Marzella.

Arch. Salvatore Napolitano
Dirigente

Firma

Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione: dott. Gianfranco Donnarumma

Arch. Luca d'Angelo
Responsabile Unico
del Procedimento

Firma

Supporto alla progettazione impiantistica: Soc. ANM SpA

Timbro e Firma

Timbro e Firma



INDICE GENERALE

- 1. Analisi del contesto di riferimento – Scenario programmatico e dati statistici.....2
- 2. Analisi del contesto di riferimento – Caratteristiche litologiche della città di Napoli.....4
- 3. Numero varchi da installare e principali caratteristiche tecniche.....14
- 4. Materiali costruttivi e tecniche di esecuzione.....16
 - 4.1 Normativa di riferimento.....16
 - 4.2 Materiali strutturali di riferimento16
 - 4.3 Lista minima dei materiali da prevedere per l'installazione dei varchi.....17
 - 4.4 Conglomerato per strutture di fondazione.....18
 - 4.4.1 Cemento18
 - 4.4.2 Aggregati19
 - 4.4.3 Acqua19
 - 4.4.4 Additivi19
 - 4.5 Caratteristiche del calcestruzzo20
 - 4.5.1. Le classi di resistenza20
 - 4.5.2. Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati20
 - 4.5.3. Rapporto acqua/cemento20
 - 4.5.4. Lavorabilità21
 - 4.6. Acciaio per getti22
 - 4.6.1. Requisiti22
 - 4.6.2. Controlli sull'acciaio.....24
 - 4.6.3. Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura26
 - 4.7. Acciaio per Carpenteria metallica27
 - 4.7.1. Caratteristiche minime dei materiali27
 - 4.7.2. Tensioni ammissibili secondo la UNI 7670 Rif. 5.1.1 e 5.1.2.27
 - 4.7.3. Bulloneria28
 - 4.7.4. Saldature28

1. Analisi del contesto di riferimento – Scenario programmatico e dati statistici

Nell'ambito delle azioni previste dal *Piano Urbano della Mobilità Sostenibile* (livello direttore approvato con Deliberazione di Giunta Comunale n. 434 del 30 maggio 2016), l'Amministrazione ha inteso collocare al centro dell'ampio processo di pianificazione del territorio e dello sviluppo sostenibile della città interventi mirati ad estendere, nel tempo e nello spazio, le ZTL vigenti e le aree pedonali.

Le esperienze di pedonalizzazione già avviate hanno dimostrato un incremento della qualità degli spazi urbani e hanno favorito lo sviluppo delle attività commerciali. Migliorare la pedonalità urbana, oltre a generare un effetto diretto e positivo in termini di riduzione della domanda di mobilità con l'uso dell'auto privata verso zone di particolare rilevanza storico – urbanistica, si configura quindi anche come un'opportunità di riqualificazione della città;

Con deliberazioni di Giunta comunale n. 786/2010 e n. 448/2011 sono state pedonalizzate alcune strade del centro antico della città: *via san Biagio dei Librai, via Benedetto Croce, piazza San Domenico Maggiore, vico San Domenico Maggiore, piazzetta Nilo, largo Corpo di Napoli, via Nilo, via San Gregorio Armeno, vico Luciella, vico Giuseppe Masfiei, vico San Nicola a Nilo, vico Figurari, piazza Miraglia, via Francesco de Santis, via Raimondo De Sangro di Sansevero, vico Seminario dei Nobili, vico del Fico al Purgatorio, vico dei Panettieri, via Francesco del Giudice, largo proprio d'Arianiello, piazzetta Pietrasanta, vico Donnaromita, via Giovanni Paladino, via Giuseppe Orilia, vico San Marcellino, vico San Geronimo- da vico Pallonetto a Santa Chiara a via Benedetto Croce;*

Successivamente con deliberazioni di Giunta comunale n. 500 del 28/07/2016 e n. 189 del 13/4/2017, è stata approvata l'istituzione di un'Area Pedonale Urbana (APU), ai sensi dell'art. 7 comma 9 del D.Lgs. n. 285/1992 che comprende le seguenti strade: *via Francesco de Sanctis, via Raimondo de Sangro di Sansevero, via Placido Pasquale, vico Seminario dei Nobili, vico San Domenico Maggiore, vicoletto San Domenico Maggiore e l'area attualmente aperta al traffico di piazza San Domenico Maggiore prospiciente i civv. 9-12);*

La ZTL “Centro Antico” ha già registrato, nel tempo, ottimi risultati in termini di vivibilità dell'area ed incremento di pedoni, così come per i dispositivi di traffico temporanei di pedonalizzazione che l'amministrazione comunale ha predisposto per particolari giorni e determinati orari, in ottemperanza a quanto pianificato e al *trend* positivo registrato, nell'ottica finale di giungere, in maniera graduale, ad una pedonalizzazione permanente di una parte consistente del centro antico della città;

La fase di sperimentazione della pedonalizzazione avviata per *via dei Tribunali (da via Nilo a via Duomo), vico Purgatorio ad Arco, piazza San Gaetano, piazzetta San Gregorio Armeno, piazza Gerolomini, vico Cinquesanti, vico Giganti e vico Gerolomini* si può ritenere ampiamente conclusa con successo atteso il forte impatto positivo che ha avuto sul turismo e sui cittadini, facendo registrare un incremento del flusso turistico in tutti i periodi dell'anno, con picchi di frequenza nei periodi legati alle festività e alle numerose manifestazioni culturali programmate sul territorio, con positive ripercussioni sulle attività artigianali e commerciali e sulla qualità della vita dei cittadini stessi;

Al fine della pedonalizzazione definitiva dell'attuale area del Centro Antico è in corso l'esecuzione dei lavori relativi al progetto di riqualificazione delle strade, delle piazze e degli slarghi dell'Area Pedonale Urbana (*via Tribunali, via Pisanelli, via dell'Anticaglia, via San Giuseppe dei Ruffi, piazzetta San Giuseppe dei Ruffi, vico Cinquesanti, via San Paolo, vico storto Purgatorio ad Arco, piazzetta Gerolomini, vico Maiorani, via San Biagio dei Librai, piazza San Gaetano, San Gregorio Armeno, vico Giuseppe Maffei, vico San Nicola a Nilo*) mediante la realizzazione del *Grande Progetto Centro storico di Napoli valorizzazione del sito UNESCO - Riqualificazione spazi urbani - Lotto I*, già finanziato con fondi del POR FESR Campania 2014-2020, e l'estensione del controllo dell'area mediante l'installazione di varchi telematici localizzati all'interno della più ampia ZTL, già esistente, denominata “Centro Antico”. In tal modo si garantirà una valida ed efficace protezione

dei pedoni e dei ciclisti che percorrono le strade oggetto degli interventi. L'area oggetto di intervento studio è inclusa nel perimetro del sito UNESCO.

Inoltre a rafforzare le azioni mirate alla sicurezza stradale, l'Amministrazione comunale, Servizio Viabilità e Traffico (già Servizio Mobilità Sostenibile), di concerto con la Regione Campania, Direzione Generale per la Mobilità, ha attivato le procedure per l'attuazione del progetto "*Ampliamento e messa in sicurezza degli itinerari ciclo-pedonali all'interno della ZTL Centro Antico*"- DECRETO MIT 481/2016, per un costo totale di intervento pari a € 307.628,88.

Per la definitiva pedonalizzazione dell'attuale area del Centro Antico, con Deliberazione di Giunta Comunale n. 601 del 07/12/2018 è stata istituita, ai sensi dell'art. 7 comma 9, del D.Lgs. 285/92 e ss. mm. ii., l'Area Pedonale di *via dei Tribunali dall'intersezione con via Duomo fino all'intersezione con via Atri e via Nilo comprensiva delle stradine che si vi si innestano fino all'intersezione con via Pisanelli, via Anticaglia e via San Giuseppe dei Ruffi, in particolare: Piazza dei Gerolomini, vico dei Gerolomini, piazza San Geatano, vico Giganti, piazzetta Giganti, vico Cinque Santi, vico San Pellegrino, vicoletto I San Paolo, vicoletto II San Paolo, vico Scorziata, Fondaco San Paolo, via San Paolo, vico Storto Purgatorio ad Arco, vico Purgatorio ad Arco*, in linea con gli interventi del Grande Progetto.

L'istituzione della suddetta Area Pedonale, in linea con gli strumenti di pianificazione della mobilità del Comune di Napoli, assume un carattere rilevante anche in previsione dell'imminente apertura della stazione Metropolitana – Duomo – della Linea 1, prevista nel 2019, che consente il collegamento diretto, su ferro, con il cuore della città garantendo, da Piazza Nicola Amore, l'ingresso al Centro Antico attraverso via Duomo, già ZTL, principale cardine della città, fino a raggiungere il decumano maggiore, via dei Tribunali, dichiarato nel 1995 patrimonio dell'umanità, limitando la circolazione di veicoli in una zona di grande rilevanza storico-architettonica.

In linea con le direttive del PUMS e in continuità con le azioni intraprese negli ultimi anni dall'Amministrazione atte a estendere nel tempo e nello spazio le ZTL vigenti e le aree pedonali, il progetto "*Sistema di controllo accessi ZTL e Aree Pedonali in Area Unesco*" si pone come obiettivo primario il miglioramento della pedonalità urbana, al fine di generare un effetto diretto e positivo in termini di riduzione della domanda di mobilità con l'auto privata verso zone di particolare rilevanza storico-urbanistica, configurandosi, quindi, anche come un'opportunità di riqualificazione della città.

Più in dettaglio circa i principali dati demografici, la popolazione residente nel Comune di Napoli ammonta a circa 960.000 unità (cfr. Censimento ISTAT 2011). La densità abitativa media della città è di 8.168 abitanti/kmq, con punte di 21.000 abitanti/kmq nel quartiere Vomero e 23.000 per i quartieri Avvocata-Montecalvario-Porto-San Giuseppe. La densità abitativa è la caratteristica territoriale che maggiormente impatta sul sistema di mobilità.

La Città Metropolitana di Napoli, con oltre 3 milioni di abitanti, è la terza in Italia dopo Roma e Milano ma, con i suoi 2.600 abitanti per chilometro quadrato, è la prima per densità.

Dall'analisi della domanda di mobilità (cfr. Censimento ISTAT 2011) la città è interessata quotidianamente da circa 1.200.000 spostamenti di cui 700.000 interni ai confini del Comune e circa 500.000 di scambio tra la città e la sua area metropolitana o le altre province della regione. In particolare le analisi hanno mostrato che gli spostamenti giornalieri tra la città e l'area metropolitana sono cresciuti, nel periodo 2001-2011, di oltre il 10% e che la provincia di Caserta orbita sensibilmente su Napoli.

Disaggregando i dati per modalità di trasporto emerge che:

- la ferrovia è utilizzata prevalentemente per spostamenti diretti a Napoli a differenza degli spostamenti destinati verso gli altri comuni della regione;
- l'autobus è particolarmente utilizzato per spostarsi all'interno della città, in maniera molto meno significativa per raggiungere il capoluogo;
- il mezzo privato rappresenta sempre la modalità di trasporto più utilizzata in particolare per

spostamenti emessi da Napoli verso gli altri comuni della regione;

- la modalità altro (che è costituita sostanzialmente da spostamenti pedonali e con biciclette), è particolarmente utilizzata per spostarsi all'interno della città.

spostamenti	ferrovia	autobus	privato	altro	totale
interni	38.019	60.135	115.081	128.874	342.109
verso Napoli	59.914	29.482	98.660	5.872	193.928
da Napoli	2.793	4.585	30.435	1.067	38.880
Totale	100.726	94.202	244.176	135.813	574.916

Spostamenti sistematici – disaggregazione territoriale e per modalità di trasporto – censimento 2011

Nell'area urbana sono presenti Zone a Traffico Limitato (ZTL) e Zone 30. Le ZTL sono istituite con diverse finalità, le più frequenti riguardano aree con una rete viaria non adeguata al normale traffico veicolare (tipicamente i centri storici) o con elevata mobilità pedonale. Le Zone 30 hanno lo scopo di rendere più facile la convivenza tra l'utenza vulnerabile e le autovetture. Normalmente, seppure con la restrizione di mantenere una velocità molto bassa (30 km/h) e la frequente presenza di dispositivi che invitano a rispettare la prescrizione (dossi artificiali, attraversamenti rialzati, ecc.), nelle Zone 30 non si riscontrano specifiche limitazioni alle autovetture.

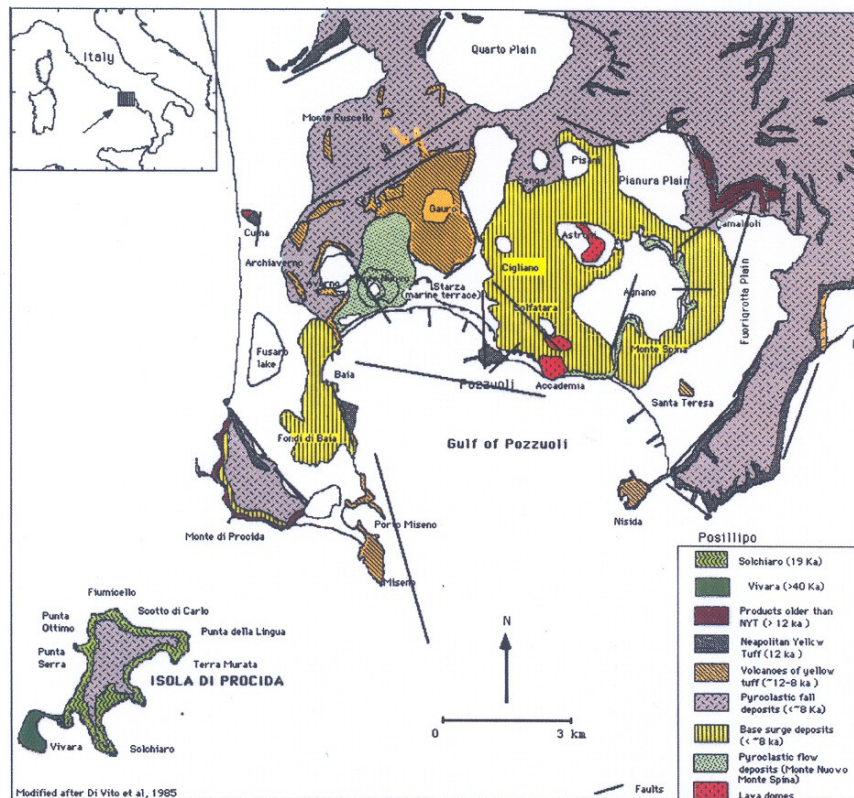
Le principali Zone a Traffico Limitato sono localizzate principalmente nel Bacino Centrale (Centro Storico, Chiaia, Vomero). Attualmente le Aree Pedonali coprono una superficie di circa 460.000 mq, e sono principalmente ubicate nei principali luoghi culturali, di particolare rilevanza urbanistica, storica e paesaggistica della città.

2. Analisi del contesto di riferimento – Caratteristiche litologiche della città di Napoli

L'area in studio ricade, cartograficamente, nel foglio geologico n. 183-184 Napoli - Isola d'Ischia della Carta Geologica d'Italia dell'I.G.M. scala 1: 100.000, mentre la tavoletta topografica sc. 1:25.000 denominata Napoli è la n. 184. I

La geologia dell'area è legata a quei movimenti orogenetici verificatisi tra il Mesozoico e il Miocene che hanno determinato l'attuale assetto strutturale dell'intera catena appenninica meridionale.

L'agglomerato urbano si sviluppa prevalentemente su terreni la cui genesi è legata all'attività vulcanica dei Campi Flegrei ad occidente, mentre ad oriente si rinvengono prodotti prevalentemente del Somma-Vesuvio.



(carta geologica)

L'ossatura principale del sottosuolo della città di Napoli è costituita dalla formazione del Tufo Giallo Napoletano (12.000 a.b.p.) sia nella sua facies lapidea "TUFO GIALLO NAPOLETANO" sia nella sua facies incoerente grigia definita "POZZOLANA"; Il passaggio verso facies incoerenti è molto ben sviluppato nelle aree a nord ed a nord est della zona urbana di Napoli (Miano, Secondigliano, Marano, Chiaiano) dove si concentrano un gran numero di cave per l'estrazione del tufo e della pozzolana.

Gli spessori di questa formazione variano con gradualità da valori massimi, rinvenibili in sondaggi, di 120-100 m a 15-10 m nella zona orientale di Napoli.

Al suo tetto si rinviene una copertura di depositi piroclastici (< 12.000 - 4.000 a.b.p.) incoerenti, eterometrici, con granulometria da grossolana a sabbiosa (Pomici, Pozzolane, Sabbie) stratificati e separati da paleosuoli.

Lo spessore di questa coltre varia da alcune decine di metri nella zona dei Camaldoli, alla decina di metri nel centro storico a qualche metro nella zona di Volla.

I terreni affioranti, in estrema sintesi, sono riconducibili alle seguenti tipologie: materiali piroclastici sciolti (pomici, pozzolane, sabbie) in sede o rimaneggiati, intercalati a depositi torbosi e di ambiente marino costiero; tufi litoidi (Tufo Giallo Napoletano).

Per quanto riguarda gli aspetti morfologici della città è da evidenziare la loro marcata articolazione: aree collinari, fino alla quota massima di 454 metri raggiunti ai Camaldoli, che degradano verso le aree pianeggianti ubicate lungo la costa; il passaggio fra queste due zone è, a luoghi, improvviso per la presenza della formazione lapidea del tufo giallo.

Nel territorio del comune di Napoli vi e' un numero limitato di litotipi di natura essenzialmente vulcanica.

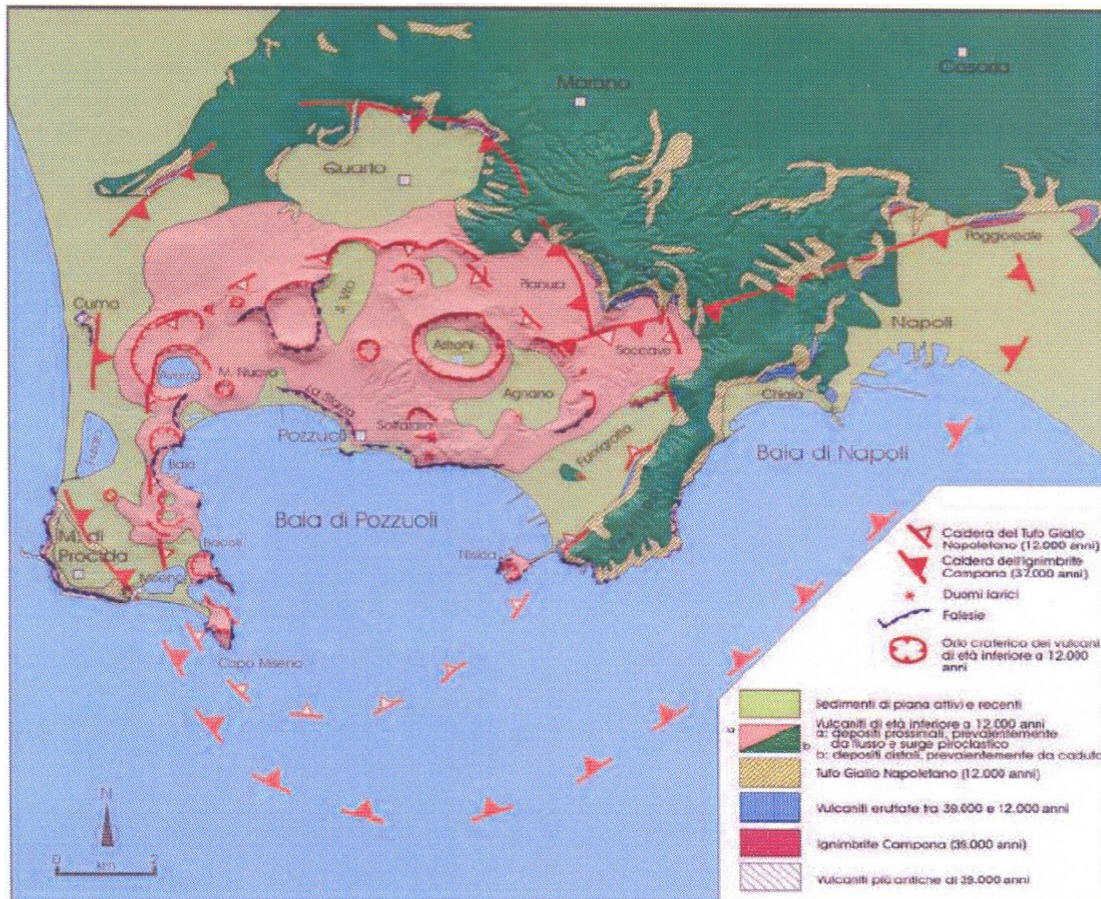
Su tutti prevalgono i prodotti flegrei rispetto a quelli vesuviani la cui presenza è limitata quasi esclusivamente all'area orientale della città.

Tale andamento litologico può essere riassunto dividendo i prodotti in tre categorie:

- ✓ Lave;
- ✓ prodotti piroclastici;
- ✓ alluvioni.

I prodotti piroclastici vanno a loro volta suddivisi in:

- ✓ piroclastiti lapidee;
- ✓ piroclastiti sciolte.



(Carta geologica dell'area napoletano-flegrea)

PIROCLASTITI LITOIDI

I prodotti piroclastici litoidi vanno suddivisi in cinque unità litologiche:

- ✓ Tufo grigio;
- ✓ Piperno;
- ✓ Tufo Giallo Napoletano;
- ✓ Tufo Giallo Stratificato;
- ✓ Tufo Giallo Vesuviano.

Tufo Giallo Napoletano

Il Tufo Giallo Napoletano è il prodotto vulcanico più rappresentativo della litologia urbana. Infatti gli affioramenti si rinvencono un po' dappertutto sulle aree collinari e ai bordi di queste,

tanto da costituire il basamento della città. Si tratta di una piroclastite, ovvero una roccia formatasi per deposizione di ceneri, pomici e frammenti litici a seguito di una eruzione vulcanica.

Il Tufo Giallo Napoletano è una roccia a matrice prevalente.

La frazione ghiaiosa è rappresentata da pomici, spesso degradate, e da frammenti litici di origine lavica a composizione prevalentemente trachitico-latitica e subordinatamente alcalino-trachitico e trachibasaltico.

Generalmente la roccia si presenta di colore giallo paglierino più o meno intenso, a seconda della varietà, è scalfibile con un'unghia tranne che in alcuni tipi più duri dove la scalfitura può avvenire solo tramite una punta d'acciaio.

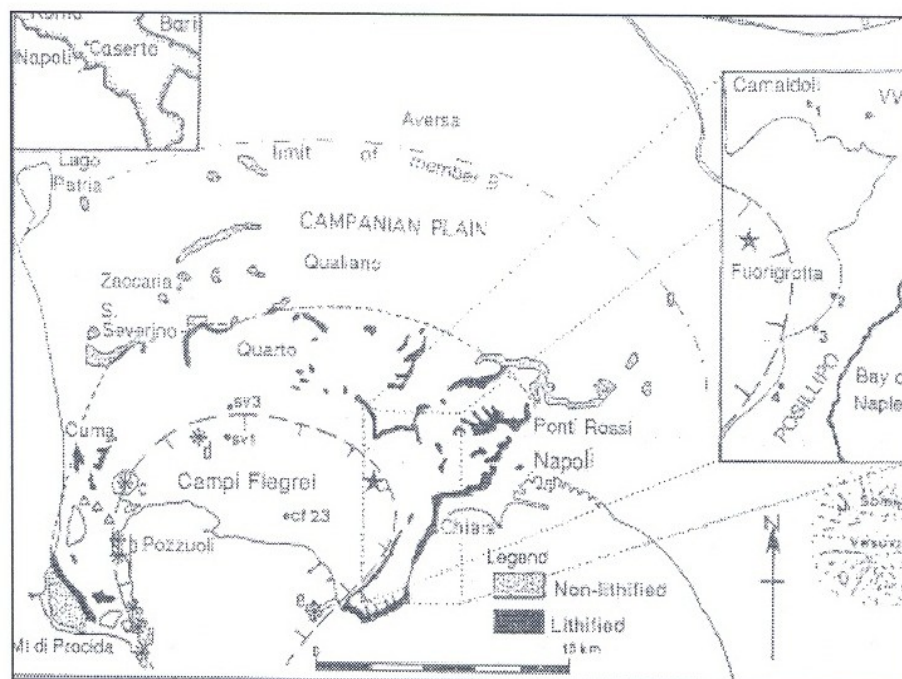


Fig. 1.3 – Carta della distribuzione delle facies del TGN

Per poter inquadrare la roccia e comprendere i motivi dell'ampio utilizzo che se ne è fatto a Napoli nel corso dei secoli bisogna definire le seguenti caratteristiche:

- ✓ resistenza meccanica;
- ✓ densità;
- ✓ lavorabilità;
- ✓ resistenza agli agenti atmosferici;
- ✓ capacità di legare con le malte.

Nelle varietà normali il Tufo Giallo Napoletano è scalfibile con un'unghia, ciononostante la resistenza allo schiacciamento, che è il parametro che definisce la capacità di una roccia a resistere a dei carichi, è molto variabile ma è sufficientemente alto per poter permetterne l'utilizzo. Nelle varietà più scadenti la resistenza allo schiacciamento si aggira intorno ai 20 Kg/cm² per arrivare a circa 175 Kg/cm² in quelle più resistenti. Il valore medio si aggira sui 50 Kg/cm².

Il Tufo Giallo Napoletano è una roccia molto porosa, questa porosità gli deriva oltre che dai vuoti intergranulari dalla presenza di pomici molto soffiati che normalmente hanno una densità inferiore a quella dell'acqua.

Da ciò la roccia si presenta leggera con un peso di volume variabile da 1.1 a 1.4 t/m³ anche se in genere l'intervallo di variabilità è più ristretto mantenendosi tra 1.2 e 1.3 t/m³.

Per la sua scalfibilità il Tufo Giallo Napoletano è facilmente attaccabile dai fattori fisici quali pioggia e vento. La roccia presenta una composizione chimica tale da non poter essere soggetta né ad ossidazione né ad idratazione. Da ciò non sono possibili fenomeni di rigonfiamento o comunque di degradazione chimica.

PIROCLASTITI SCIOLTE

Le piroclastiti sciolte, presenti sul territorio di Napoli, sono dei materiali di origine vulcanica, dovuti ad eruzioni di tipo esplosivo, la cui granulometria varia, generalmente tra 5 mm e 0.05 mm.

La frazione più grossa, 5 mm, è costituita generalmente da pomici che si rinvencono sotto forma di banchi e/o lenti di varia grandezza e spessore.

Molto più diffusi sono i depositi a granulometria inferiore contenenti solo frammenti di dimensioni più grosse.

Si dividono le piroclastiti sciolte in due formazioni, Pomici e Pozzolane.

Pomici

Le pomici sono brandelli di lava molto soffiati, leggeri e porosi, con una struttura essenzialmente vetrosa. Quelle presenti nell'area di Napoli hanno dimensioni che raramente superano il centimetro. Si rinvencono in strati dallo spessore variabile da pochi cm fino a circa 2 m.

Pozzolana

Con questo termine a Napoli si definiscono le piroclastiti sciolte, a tetto del Tufo Giallo Napoletano, che hanno una granulometria compresa fra le sabbie e i limi.

Esse ammantano tutta l'area cittadina, costituendo la maggior parte dei terreni affioranti.

Rivestono una grande importanza, da un punto di vista tecnico, in quanto costituiscono il substrato fondale di buona parte degli edifici esistenti sul territorio cittadino.

Inoltre è da tenere presente una caratteristica peculiare delle pozzolane, cioè quella di avere una reattività idraulica se mischiate con calce idrata o con cemento, cioè hanno la capacità di reagire, cementandosi, anche se immerse in acqua. Questa proprietà, che era conosciuta già all'epoca di Roma, viene detta "proprietà pozzolanica". Oggi questi materiali vengono utilizzati per produrre i cementi idraulici che vengono detti "cementi pozzolanici".

Le pozzolane hanno una granulometria non omogenea che va dalla sabbia limosa al limo sabbioso. Vi è anche presenza di una piccola componente ghiaiosa costituita da pomici e in subordine da piccoli frammenti litici.

I granuli hanno una superficie molto irregolare, scabrosa. Questa irregolarità fa sì che la massa dei granuli, una volta depositati, si incastrino in maniera tale da dare alla massa una coesione che gli consente di reggere fronti di scavo quasi verticali.

Questa coesione viene detta "apparente" in quanto se questi materiali vengono saturati d'acqua questa proprietà viene a mancare. Questo fatto fa sì che in caso di perdite d'acqua nei sottoservizi cittadini gli edifici, prossimi alla perdita, se fondati su pozzolane vanno soggetti a cedimenti a

volte anche notevoli.

Il meccanismo di deposizione delle pozzolane comporta che all'interno di questa formazione le caratteristiche meccaniche varino con la profondità. Queste variazioni sono legate alle caratteristiche granulometriche, all'alterazione subita dopo la messa in posto, alla porosità, al grado di addensamento.

I valori meccanici quindi variano al variare della profondità, con un andamento molto irregolare che alterna pozzolane con caratteristiche meccaniche elevate con pozzolane con caratteristiche basse. Molto accentuate sono anche le variazioni laterali.

Dall'analisi di numerose prove di laboratorio effettuate su questi materiali si possono riassumere le seguenti caratteristiche:

- ✓ granulometria: da sabbia limosa a limo sabbioso;
- ✓ angolo di attrito interno: da 30° a 38°;
- ✓ coesione: mediamente 0.25 Kg/cm²;
- ✓ porosità: mediamente 25%;
- ✓ peso specifico apparente: mediamente 1.4 t/m³.

Queste caratteristiche fanno sì che le Pozzolane vengano classificate come buoni terreni di fondazione.

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

La morfologia della città di Napoli è tipica di un territorio vulcanico la cui attività è stata prevalentemente esplosiva con depositi di ceneri e scorie. L'apparato collinare, come già visto, è caratterizzato da tavolati più o meno estesi e da rotture di pendenza più o meno accentuate.

La presenza di piane è condizionata dalla situazione morfologica verificatasi subito dopo l'attività eruttiva, infatti laddove gli sprofondamenti, successivi alle fasi eruttive, crearono dei golfi chiusi, come nell'area Fuorigrotta - Bagnoli, il riempimento da parte delle alluvioni e dei depositi di successive eruzioni fu rapido, non disturbato dalle correnti marine, mentre laddove queste condizioni non si verificarono le piane mancano completamente o, se esistono, sono artificiali come ad esempio la riviera di Chiaia.

Le colline napoletane, benché abbiano avuto origine da apparati vulcanici diversi, si raccordano mediante larghe selle le cui pendenze sono raramente aspre, o con pianalti come avviene tra la collina dei Camaldoli e i complessi vulcanici di Agnano tramite la piana di Pianura.

La conoscenza del territorio con tutte le sue modificazioni è indispensabile per lo studio delle potenzialità e delle limitazioni d'uso dello stesso. Ad esempio nelle aree collinari a causa della facile erodibilità dei terreni, le forme dei rilievi, particolarmente sui lati interni dei vulcani, sono poco stabili e quindi in rapida evoluzione. Qui il fenomeno dell'erosione si manifesta in maniera cospicua favorito sia dalle condizioni meteorologiche delle nostre latitudini che alternano spesso a periodi di siccità periodi di intensa piovosità, sia alla presenza di ampie aree caratterizzate da scarsa copertura vegetale.

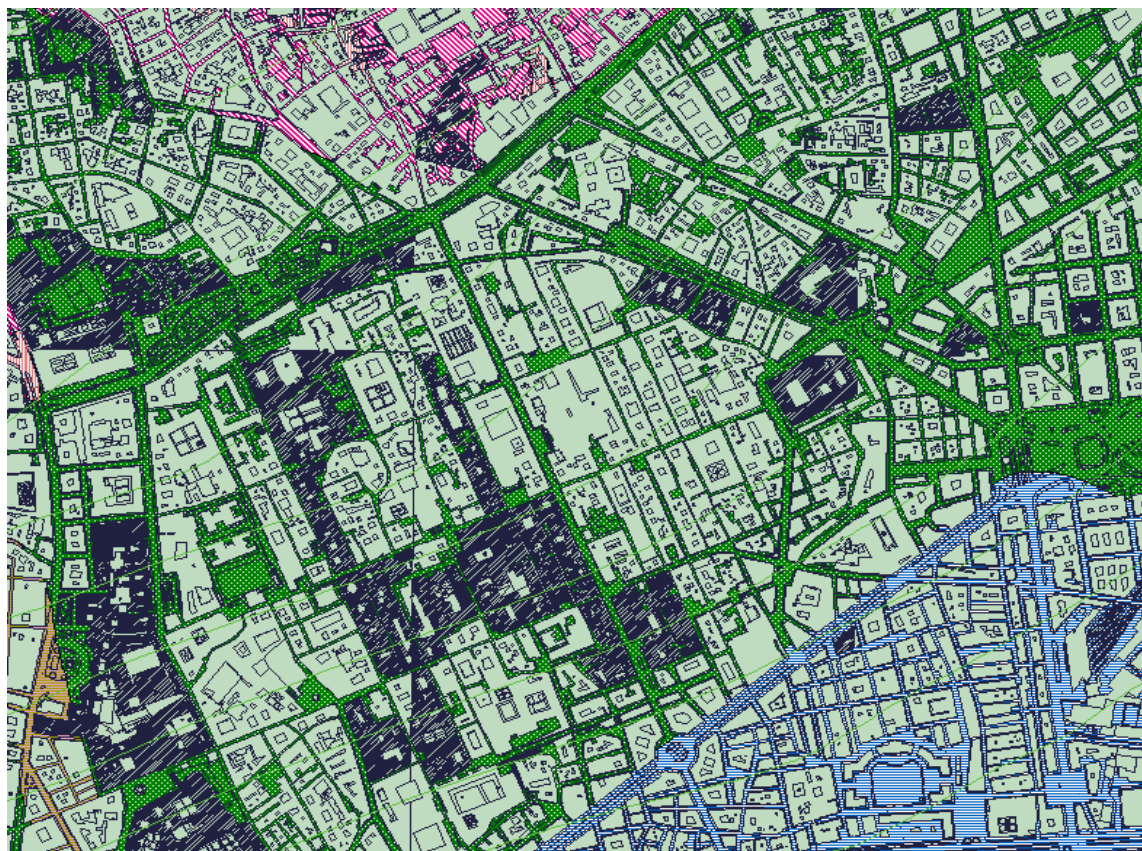
Nel programmare interventi sul territorio bisognerebbe sempre tener conto, in particolare nelle aree collinari, della potenziale evoluzione morfologica.

L'area napoletana è per buona parte sottratta all'erosione superficiale in quanto risulta fortemente edificata.

L'evoluzione morfologica si esplica, quindi, essenzialmente sui bordi delle colline che non hanno subito insediamenti abitativi. In ogni caso le aree in cui l'evoluzione morfologica è completamente naturale, cioè non è in alcun modo condizionata dalla presenza umana, sono molto poche e limitate arealmente.

GEOLITOLOGIA (area del Lotto 1) (L.R. 9/83)

Nell'area in studio è stato individuato e caratterizzato un solo litotipo:



Litotipo 1 – Materiale di riporto ed accumulo antropico – Escavato di cava – Sciolto.

Questo litotipo è molto diffuso dove maggiore è stata l'attività antropica di trasformazione del territorio. È stato rinvenuto, infatti, nelle parti più superficiali del sottosuolo del centro storico della città. Esso inoltre è stato rilevato in molte aree caratterizzate da intensa attività antropica (riempimenti di cava, canali, aree costiere rilevate). E' costituito da materiali molto eterogenei quali frammenti di tufo, laterizi, etc., in matrice generalmente pozzolanica alterata. Si riporta di seguito la scheda sintetica, riportante le caratteristiche geologiche dell'area, così come riportato nella relazione "Geologia e Geomorfologia" allegata agli elaborati di cui alla L.r. n.9/83.

Area 5 – Centro storico – Piazza Garibaldi

STRATIGRAFIA TIPO

5A

1	20–30m
11 15B	5–10
15C	40–60



LITOTIPI

stato fisico

A – sciolto C – litoide
B – semilitoide D – lapideo

- 1 – Materiale di riporto ed accumulo antropico, scavato di cava.
- 2 – Depositi eluviali, colluviali e torrentizi, detriti di versante e cumuli di frana, caratterizzati da alto grado di rimaneggiamento.
- 3 – Sabbie e limi di ambiente litorale attuale e recente.
- 4 – Sabbie e limi di ambiente litorale, sepolte da depositi più recenti.
- 5 – Depositi fluvio-lacustri e palustri, costituiti da intercalazioni di sabbie, limi e livelli torbosi.
- 6–9 – Ceneri stratificate con rare pomice bianche appartenenti all'eruzione del 79 d.C. (6)
Ceneri stratificate di colore biancastro contenenti pomice e frammenti litici, appartenenti all'eruzione di "Avellino". (9)
- 7 – Scorie grossolane di colore nerastro in banchi e strati, intercalate a sottili livelli cineritici, appartenenti all'eruzione del Senga.
- 8 – Ceneri e cineriti stratificate con subordinati livelli pomice e lapilli accrezionati, appartenenti all'eruzione di Astroni.
- 10 – Cineriti di colore grigio-rosato contenenti numerose grosse pomice di colore grigio e frammenti litici grossolani, appartenenti all'eruzione di Monte Spina.
- 11 – Intercalazione di livelli di ceneri, pomice e paleosuoli, depositatisi essenzialmente per caduta distale dei prodotti delle eruzioni recenti dei Campi Flegrei (età 3750 – 10.000 anni dal presente).
- 12 – Cineriti e tufi semilitoidi con intercalazioni pomicee e scoriacee delle eruzioni di Agnano, costituita dai prodotti e delle eruzioni di M.S. Angelo, Grotta del Cane e Pigna S. Nicola, e delle eruzioni di Pisani, S. Martino e Minopoli.
- 13 – Tufi gialli stratificati contenenti pomice e scorie, con locali facies semilitoidi appartenenti ai vulcani di S. Teresa, La Pietra, Nisida ecc.
- 14 – Tufo "Vesuviano", di colore giallo-grigiastro contenente pomice, frammenti calcarei e di lava leucitica, in facies litoide (C) e semilitoide di colore più grigiastro (B).
- 15 – Tufo giallo napoletano, contenente pomice e frammenti litici distribuiti caoticamente nella matrice cineritica. B) in facies semilitoide, generalmente distale, di colore grigio. C) in facies litoide di colore giallastro, localmente fratturata.
- 16 – Lave. Il litotipo comprende le lave vesuviane, costituite da varie colate laviche prevalentemente leucitiche, e la cupola lavica di Montesanto.
- 17 – Tufi antichi. Comprendono i tufi antichi della serie urbana e quelli del Somma-Vesuvio. Sono costituiti da intercalazione di tufi litoide e semilitoidi, stratificati e massivi, associati localmente a breccie.
- 18 – Breccia Museo-Piperno; Formazione costituita da breccie poligeniche grossolane in matrice sabbiosa di colore grigio-rosato, intercalata o sovrapposta a livelli di Piperno (il litotipo passa lateralmente a quello successivo n.19).
- 19 – Ignimbrite Campana costituita da scorie grossolane nerastre in matrice cineritica grigio-rosato, interessata da generale saldatura sindeposizionale e da strutture da degassazione.
- 20 – Tufi di Torre Franco, tufi antichi vesuviani e tufi antichi della serie urbana-di età > 30–35.000 anni; Costituiti da intercalazione di livelli pomice e cineritici e paleosuoli.

area 5A

GEOLOGIA : Parte del Centro Storico, piazza Garibaldi. L'area si sviluppa prevalentemente nella cosiddetta conca di Neapolis. Presenta morfologia subpianeggiante che risale verso le colline del Vomero, Capodimonte e Castel S. Elmo, con pendenze generalmente inferiori al 20%. L'area e' interessata da numerosissime cave superficiali e sotterranee i cui segni sono oggi quasi completamente obliterati dall'urbanizzazione. In tali aree si osserva una stratigrafia relativamente regolare, con Tufo Giallo Napoletano presente a profondita' variabili tra 15 e 40 metri, al di sotto di riporti e depositi rimaneggiati. La profondita' di rinvenimento e' funzione dell'entita' dei riporti e dell'attivita' estrattiva che hanno caratterizzato l'area. Il tufo, caratterizzato da numerose cavita', e' presente in facies litoide, gialla (litotipo 15C), e molto subordinatamente in facies semilitoide, grigia (litotipo 15B).

FALDA IDRICA : rilevabile a profondita' variabili tra 5 e 35 m, con valori piu' alti verso i rilievi collinari citati. I valori piu' bassi si rilevano dove la morfologia e' piu' depressa.

CAVITA' : molto frequenti, prevalgono gli accessi da pozzo.

CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA : Area caratterizzata dalla presenza di un substrato litoide (bed-rock) (15c) posto ad una profondita' variabile fra 10 e 30 m, con velocita' delle onde S di 850 m/s, al di sopra dei quali si rinvengono forti spessori di terreni di riporto caratterizzati da una velocita' delle onde S molto variabile con valori della velocita' delle onde S intorno ai 150 m/s. Fra la formazione del tufo giallo ed il riporto si rinvengono le formazioni 11, 4 e 15b con spessori generalmente molto limitati.

RISPOSTA SISMICA LOCALE : La risposta sismica locale e' rappresentabile attraverso la formula relativa al terremoto di riferimento per la realizzazione di nuove costruzioni :

$$a_d = C \cdot Re(T) \cdot \epsilon_f \cdot \epsilon_i \geq 0.04 \text{ g}$$

in cui:

a_d = accelerazione di progetto;

C = coefficiente di sismicita' pari a 0.025 g;

$Re(T)$ = spettro di risposta elastico da regolamento;

ϵ_f = coefficiente di fondazione;

ϵ_i = coefficiente da irregolarita' topografica;

Per l'area in oggetto risulta:

$$\epsilon_f = 1.00 \text{ per } Z_{\text{tufo}} \leq 7.5 \text{ m};$$

$$1.20 \text{ per } 7.5 \text{ m} < Z_{\text{tufo}} \leq 15 \text{ m}$$

$$1.40 \text{ per } 15 \text{ m} < Z_{\text{tufo}}$$

$$\epsilon_i = 1.00;$$

Z_{tufo} = profondita' di rinvenimento del tufo giallo (15C)

Per le nuove costruzioni se il valore di a_d risultasse inferiore a 0.04 g, assumere quest'ultimo come accelerazione di progetto, mentre si puo' assumere il valore effettivo per gli adeguamenti di edifici esistenti.





CARTA DELLE ISOPACHE (L.R. 9/83)

Si riporta uno stralcio della *carta delle Isopache* relativa a un'ampia porzione del centro storico della città di Napoli.

La stessa indica uno spessore medio di copertura di terreni sciolti rispetto al substrato litoide, pari a 10-25 m.



LEGENDA

Isopache	
	0 - 5 m.
	10 - 25 m.
	25 - 50 m.
	5 - 10 m.
	oltre 50 m.

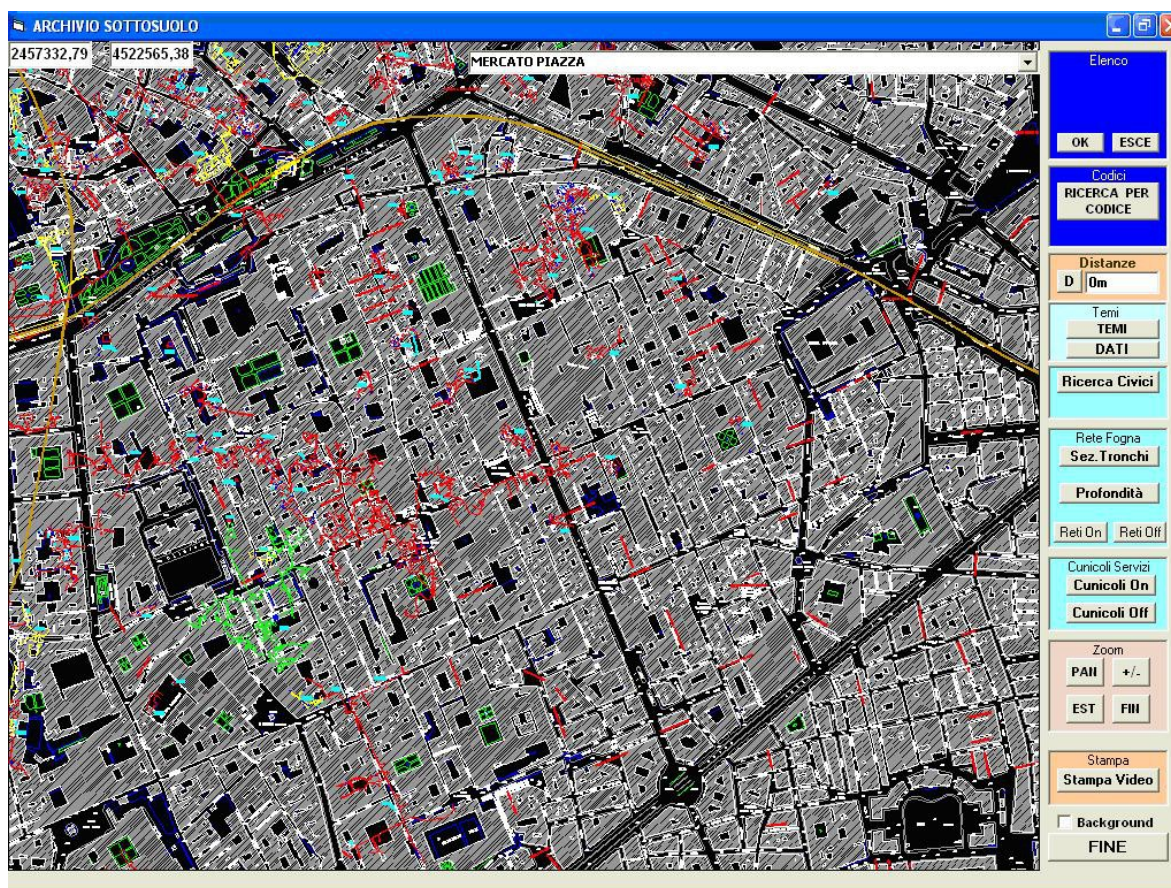
RETICOLO CAVEALE

La città di Napoli poggia su un substrato litoide formato essenzialmente dal Tufo Giallo Napoletano, il quale ha delle caratteristiche meccaniche che lo rendono un ottimo materiale da costruzione. Questa peculiarità ha fatto sì che il tufo sia stato cavato già dai primi coloni greci che si insediarono sulle nostre coste. Le cave sia a giorno sia in sotterraneo hanno, nel corso dei secoli, profondamente modificato la morfologia della città tanto che molti edifici poggiano su piazzali di cava (si veda piazza S.Luigi, via Mergellina, via Tasso, Rivafiorita, etc.). All'attività di cava si aggiunse la necessità dei rifornimenti idrici; infatti, ben tre acquedotti scavati nel tufo si sviluppano nel sottosuolo di Napoli.

L'area dell'intervento di cui trattasi è interessata da un **esteso reticolo caveale**.

Si riportano in allegato lo sviluppo planimetrico delle cavità presenti nel Centro Storico di Napoli, (in rosso) così come risultante dal SIT (archivio tematismi territoriali), tenuto presso il Servizio Difesa Idrogeologica del Territorio e Sicurezza Abitativa.

In ogni caso, stante i modesti spessori di terreno coinvolti dalle opere a farsi, si ritengono poco probabili interferenze con il locale reticolo caveale. In ogni caso, durante le lavorazioni, andranno approntati tutti gli accorgimenti e le opere provvisorie, atti a tutelare il sottosuolo da fenomeni di instabilità.



3. Numero varchi da installare e principali caratteristiche tecniche

Il progetto “Sistema di controllo accessi ZTL e Aree Pedonali in Area Unesco” prevede l’implementazione di un sistema per il controllo telematico degli accessi mediante rilevamento delle immagini con sistemi omologati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti così come disposto dal Decreto del Presidente della Repubblica 22 giugno 1999 n. 250. Le aree interessate dal progetto sono localizzate all'interno del perimetro del sito UNESCO.

Per tale progetto è prevista l’installazione di N.20 (venti) varchi telematici di nuova fornitura, come di seguito elencati da installare nell'area del Centro Antico della Città di Napoli:

ZTL VERGINI – Totale varchi n. 2

Varco V1 - VARCO VIA VERGINI - VIA SUPPORTICO LOPEZ

Varco V2 - VARCO VIA VERGINI ANG. VIA CRISTALLINI-VIA ARENA DELLA SANITA'

AREA PEDONALE QUARTIERI SPAGNOLI – Totale varchi n. 5

Varco V3 -V4 -VICO LUNGO GELSO ANG. VICO DELLA TOFA (BIDIREZIONALE)

Varco V5 -V6 -VICO LUNGO GELSO ANG. VIA E. DE DEO (BIDIREZIONALE)

Varco V7- VARCO VICO SPERANZELLA ANG. VIA MONTECALVARIO

ZTL CENTRO ANTICO – INTEGRAZIONE – Totale varchi n. 1

Varco V8- VARCO VIA DONNALBINA ANG. VICO PORTAPICCOLA A DONNALBINA

AREA PEDONALE RODINO' – Totale varchi n. 1

Varco V9- VARCO VIA L. RODINO' ANG. VIA TARI

AREA PEDONALE PIGNASECCA– Totale varchi n. 2

Varco V10-VARCO PIAZZA PIGNASECCA (ANG. VIA F. PIGNATELLI)

Varco V11-VARCO SALITA PARADISO (ANG. VIA SAN LIBORIO)

ZTL VIA FERDINANDO RUSSO– Totale varchi n. 1

Varco V12-VARCO VIA FERDINANDO RUSSO

ZTL CENTRO ANTICO – ESTENSIONE SISTEMA CONTROLLO DEGLI ACCESSI– Totale varchi n. 6

Varco V13-VARCO VIA DEI TRIBUNALI VIA DUOMO

Varco V14-VARCO VIA S. M. VERTECOELI VIA SS. APOSTOLI

Varco V15-VARCO VICO SEDIL CAPUANO VICO SS. APOSTOLI

Varco V16-VARCO VIA PIETRO TRINCHERA VIA SANTA SOFIA

Varco V17-VARCO VICO SANTA MARIA AD AGNONE VIA SANTA SOFIA

Varco V18-VARCO VIA DELLA PACE VICO NUOVO DELLA PACE

AREA PEDONALE FORCELLA – VICARIA VECCHIA – Totale varchi n. 2

Varco V19-VARCO VIA FORCELLA – VICO SCASSACOCCHI

Varco V20-VARCO VICARIA VECCHIA – VIA DUOMO

Tali varchi dovranno essere integrati sotto l'unico sistema di gestione e controllo delle ZTL attualmente in uso al Comune di Napoli (piattaforma SRI-WEB fornito dalla Società Project Automation S.p.A.).

Il progetto “Sistema di controllo accessi ZTL e Aree Pedonali in Area Unesco” prevede anche la realizzazione di interventi di messa in sicurezza a favore della pedonalità nei Quartieri Spagnoli, come da progetto della Municipalità 2, approvato in linea tecnica con la Deliberazione di Consiglio della Municipalità n. 3 del 15/02/2019, finalizzati a creare le condizioni di sicurezza per i cittadini e i turisti attratti dal fiorire di attività ricettive e ristorative che negli ultimi anni, hanno messo in moto l'economia dei quartieri. Il suddetto progetto oltre a prevedere l'ampliamento delle aree pedonali della zona dei Quartieri Spagnoli, mira a risolvere le problematiche legate all'accessibilità ai luoghi da parte dei mezzi di emergenza e a individuare vie di fuga per i pedoni, mediante elementi di arredo e dissuasori di sosta.

La configurazione di un varco tipo è la seguente:

1. Unità di ripresa con le seguenti caratteristiche:

- telecamera a scansione con sensore digitale per il rilievo dei transiti;
- faro illuminatore IR a tecnologia LED incorporato all'interno della stessa custodia della telecamera;
- esecuzione direttamente sul posto periferico (e non in centrale) delle elaborazioni sulle immagini acquisite (per non sovraccaricare la banda della rete) mediante OCR di riconoscimento caratteri di classe A (norme UNI 10772). Il sistema OCR deve essere facilmente modificabile per poter gestire in modo semplice l'eventuale introduzione di targhe con un nuovo set di caratteri oppure l'inclusione nel sistema di targhe straniere con grafie o codifiche diverse da quelle italiane. In ogni caso, il software OCR installato dovrà essere configurato per riconoscere tutte le tipologie di targhe italiane ed europee correntemente in uso. La lettura automatica delle targhe deve comunque poter essere generalizzata a qualsiasi codice alfanumerico.
- risoluzione almeno di 1024x768 pixel.

2. Telecamera a colori con risoluzione minima 1024x768 per l'acquisizione dell'immagine contestuale al transito sanzionato.

- ### **3. Unità di elaborazione (integrata su telecamera no PC in armadio su strada) preposta ad ospitare le applicazioni per il controllo del varco, a memorizzare in un archivio locale i dati sui transiti rilevati fino a che questi non vengono memorizzati in sicurezza a livello centrale**

e a gestire tutte le comunicazioni con il livello centrale. Tale unità dovrà supportare funzionalità di *data management & storage* in grado di garantire funzionalità da buffer in caso di assenza di connettività con la stazione centrale e consentire, appena ripristinata la connessione e conclusa con successo la sessione, di svuotare in automatico il buffer con tutti i dati rilevati durante il periodo di mancata connettività.

4. **Pannello a Messaggio Variabile**, che evidenzi lo stato di funzionamento del varco con visualizzazione di testi predefiniti come prescritti dalle “*Linee Guida sulla regolamentazione della circolazione stradale e segnaletica nelle zone a traffico limitato*”;
5. **Armadio (di dimensioni minime)** per l'alloggiamento dei circuiti di alimentazione elettrica e di protezione degli apparati con grado di protezione di almeno IP55 ai sensi della norma EN 60529 da installare a palo o su facciata edificio.
6. **Palo di sostegno (o staffa a parete in funzione delle esigenze tecniche di inquadratura)** per l'alloggiamento delle telecamere e del pannello a messaggio variabile con design adeguato al contesto ambientale di notevole pregio storico e artistico.
7. **Opere civili** (plinti, tubazioni, pozzetti carreggiabili, basamenti armadi e quant'altro necessario all'installazione del varco a regola d'arte. Si precisa che i punti di allaccio della linea dati ed alimentazione sono solo stati ipotizzati. Solo a valle dei sopralluoghi da effettuare con i gestori delle linee sarà possibile conoscere i punti di allaccio definitivi.

4. Materiali costruttivi e tecniche di esecuzione

La presente relazione tecnica descrive i materiali e le prescrizione affinché l'opera sia realizzata in qualità e i materiali abbiano caratteristiche di resistenza adeguate.

4.1 Normativa di riferimento

La progettazione, i criteri, la scelta dei materiali sono stati condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, riferendo al D.M 17 Gennaio 2018 : Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.

Altre normativa integrative:

- 1 **UNI EN 1992 -1-1** *Progettazione delle strutture in c.a.;*
- 2 **UNI EN 206-1** *Calcestruzzo, specificazione, prestazione, produzione e conformità;*
- 3 **UNI 111 04** *Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;*
- 4 **UNI 8520** *Parte 1 e 2 Aggregati per calcestruzzo-Istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della norma UNI-EN 12620 – Requisiti;*
- 5 **UNI 7122** *Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità di acqua d'impasto essudata;*
- 6 **EN 10080:2005** *Acciaio per cemento armato;*
- 7 **UNI EN ISO 1563 0 -1/2** *Acciai per cemento armato: Metodi di prova;*
- 8 **EN 1367 0:2008** *Execution of concrete structures.*

4.2 Materiali strutturali di riferimento

I materiali di riferimento, in termini di caratteristiche meccaniche, sono i seguenti.

Per l'acciaio costituente la struttura di varco, dovrà essere utilizzato almeno l'acciaio S 235 JR, le cui caratteristiche meccaniche sono di seguito riepilogate:

- Carico rottura Rm – N/mm²: Min= 340; Max=470;
- Carico Snervamento ReH – N/mm²: Mavole Minimo 225;
- Allungamento Min. A%: (≤ 40 mm) = 25;
- Resistenza per temperature KV: (+20°C J)=27.

4.3 Lista minima dei materiali da prevedere per l'installazione dei varchi

Di seguito la lista dei materiali dei varchi, da verificare e integrare nella successiva fase di progettazione.

Art.	Descrizione	um	q.tà	Peso (Fe) kg
1	Carpenteria per la realizzazione strutture di sostegno	cad	20	1540
1.01	<p>Palo cilindrico in acciaio del tipo S 235 JR (UNI EN 10025-2005), idoneo alla zincatura a caldo.</p> <p>Il procedimento di saldatura deve essere qualificato secondo i criteri prescritti dalla norma EN 288-3 (o equivalente). La zincatura a caldo da effettuarsi per immersione secondo quanto previsto dalle norme UNI EN ISO 1461 e CEI 7-6. Verniciato colore Grigio Marmo.</p> <p>Le principali dimensioni (in mm) sono di seguito riportate (vedere schede tecniche allegate):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altezza totale = 6300; • Altezza totale fuori terra = 5700; • Diametro x spessore = 114 x 4 <p>Inoltre, su di esso sono presenti le seguenti lavorazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asola per il passaggio dei cavi con spigoli arrotondati e smussati avente dimensioni di mm 38 x 132 con mezzeria a mm 400 dal filo inferiore del palo; • N.2 asole per il passaggio dei cavi con spigoli arrotondati e smussati aventi dimensioni di mm 38 x 132 (collocate come riportate nell'allegata scheda tecnica); • Taschina di messa a terra a 700 mm dal filo inferiore del palo; • Tappo lamellare per la chiusura in cima. 			
1.02	sostegni per telecamera costituita da angolari in tubo D40mm	cad	40	

2	Plinto		20	1750
2.01	<p>Basamento di sostegno ovvero plinto per palo di sostegno, realizzato in conglomerato cementizio vibrato Rck 400, dalle dimensioni esterne assimilabili a 80x117x90 cm, per pali di diametro massimo 24 con o senza sbraccio di altezza massima fuori terra fino a 1025 cm. Provvisto di pozzetto ispezionabile di dimensioni nominali pari a cm 39x39 cm con n3 fori laterali per l'innesto dei cavidotti di diametro 13 cm, di foro disperdente alla base e di foro passacavi. Utilizzabile con chiusini di dimensioni 50x50 cm in cls ovvero in ghisa. L'inghisaggio del palo d'illuminazione uniforme alle lavorazioni standard unificate ed pari a cm 85. Peso 1750Kg</p> <p>Modalità di posa: La messa in opera del plinto viene effettuata in accordo con le norme di sicurezza per la movimentazione dei carichi sospesi grazie all'ausilio di ganci opportunamente dimensionati disposti sull'estradosso del plinto. E' prevista l'esecuzione di scavo su terreno con conseguente ripristino dei fianchi dello stesso, ponendo particolare attenzione al costipamento del terreno che scelto preferibilmente arido. Ulteriore attenzione va posta nel controllo del ricoprimento minimo dell'interramento, così come indicato nella relazione di calcolo. In tal modo si garantisce coerenza tra calcolo e caso reale.</p>			
3	predisposizioni impiantistiche			
3.01	TUBAZIONI RIGIDE IN ACCIAIO ZINCATO PER POSA CAVI ELETTRICI INTERRATI 110mm	m	666	
3.02	TUBAZIONI RIGIDE IN ACCIAIO ZINCATO PER POSA CAVI ELETTRICI A PARETE 25mm	m	110	

4.4 Conglomerato per strutture di fondazione

4.4.1 Cemento

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per getti di calcestruzzo in sbarramenti di ritenuta di grandi dimensioni si dovranno utilizzare cementi di cui all'art. 1 lett C della legge 595 del 26 maggio 1965 o , al momento del recepimento nell'ordinamento italiano, cementi a bassissimo calore di idratazione VHL conformi alla norma UNI EN 14216.

4.4.2 Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m³. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità specificati nel paragrafo 2.8. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 Kg/mc. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600 Kg/mc.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- a) il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- b) il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- c) non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

4.4.3 Acqua

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

4.4.4 Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la

produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

4.5 Caratteristiche del calcestruzzo

4.5.1. Le classi di resistenza

Si fa riferimento al D.M 17 Gennaio 2018: Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni. In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (fck) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (Rck).

Le caratteristiche meccaniche sono di seguito descritte:

Classe di resistenza	32/40	(Rck= 40 N/mm ²)
Classe di esposizione (UNI 9858)	2b	
Classe di esposizione (UNI 11104)	XC1	
Classe di consistenza	S4-S5	
Dimensione inerte max	15-25 mm	

4.5.2. Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di ¼ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interfero ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

4.5.3. Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- ✓ (aaggr) => quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- ✓ (aadd) => aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/mc) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- ✓ (am) => aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_{aggr} + a_{add} + a_m$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$(c + K_{cv} \cdot cv + K_{fs} \cdot fs)$$

$$(a/c)_{eq} = a_{eff} / (c + K_{cv} \cdot cv + K_{fs} \cdot fs)$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

1. c => dosaggio per mc di impasto di cemento;
2. cv => dosaggio per mc di impasto di cenere volante;
3. fs => dosaggio per mc di impasto di fumo di silice;

K_{cv} ; K_{fs} => coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104.

4.5.4. Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato descritto nel DM. 2018.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Salvo strutture da realizzarsi con particolari procedimenti di posa in opera (pavimentazioni a casseri scorrevoli, manufatti estrusi, etc.) o caratterizzate da geometrie particolari (ad esempio, travi di tetti a falde molto inclinate) non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4/F4.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere.

Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L.:

- ✓ respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- ✓ accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

4.6. Acciaio per getti

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$), rotoli tipo B450C ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 16 \text{ mm}$ per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$) tipo B450C;

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.17/01/2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE).

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

4.6.1. Requisiti

Saldabilità e composizione chimica

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

Tab. 11.3.II – Massimo contenuto di elementi chimici in %

		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,014	0,012
Carbonio equivalente	C _{eq}	0,52	0,50

Valori max di composizione chimica secondo D.M. 17/01/2018

Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Tab. 11.3.VIII

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli e trecce	Trefoli compattati
Tensione caratteristica al carico massimo f_{pk} N/mm ²	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua - scostamento dalla proporzionalità $f_{p(0,1)k}$ N/mm ²	na	≥ 1420	na	na
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale $f_{p(1)k}$ N/mm ²	na	na	≥ 1670	≥ 1620
Tensione caratteristiche di snervamento f_{yk} N/mm ²	≥ 800	na	na	na
Allungamento totale percentuale a carico massimo A_{gt}	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5

na=non applicabile

Proprietà meccaniche secondo il D.M. 17/01/2018

Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione s_{max} sarà 270 N/mm² (0,6 $f_{y,nom}$). L'intervallo delle tensioni, 2σ deve essere pari a 150 N/mm² per le barre diritte o ottenute da rotolo e 100 N/mm² per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a 2×10^6 .

Resistenza a carico ciclico in campo plastico.

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc..).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

Prova carico ciclico in relazione al diametro

Diametro nominale (mm)	Lunghezza libera	Deformazione (%)
$d \leq 16$	5	$d \pm 4$
$16 < 25$	10	$d \pm 2,5$
$25 \leq d$	15	$d \pm 1,5$

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 17/01/2018.

Diametri nominali e tolleranze

Diametro nominale (mm)	Da 6 a \leq 8	Da $>$ 8 a \leq 50
Tolleranza in % sulla sezione	\pm 6	\pm 4,5

Aderenza e geometria superficiale

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 17/01/2018. L'indice di aderenza Ir deve essere misurato in accordo a quanto riportato nel paragrafo 11.2.2.10.4 del D.M. 17/01/2018. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale (Legge 1086).

Valori dell'indice Ir in funzione del diametro

Diametro nominale (mm)	Ir
$5 \leq \emptyset \leq 6$	≥ 0.048
$6 < \emptyset \leq 8$	≥ 0.055
$8 < \emptyset \leq 12$	≥ 0.060
$\emptyset > 12$	≥ 0.065

4.6.2. Controlli sull'acciaio

Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 17/01/2018.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dell'“Attestato di Qualificazione”.

rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 17/01/2018.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva :

1. certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
2. certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
3. certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
4. dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
5. polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli “Attestati di Qualificazione” dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di

Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 17/01/2018.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del D.M. 17/01/2018, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

Valori limite per prove acciaio

Caratteristica	Valore Limite	Note
fy minimo	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
fy massimo	572 N/mm ²	[450x(1.25+0.02)] N/mm ²
Agt minimo	≥ 6.0%	Per acciai laminati a caldo
Rottura/snervamento	1.13 < ft/fy < 1.37	Per acciai laminati a caldo
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	Per tutti

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere re- spinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un Centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

4.6.3. Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Euro- codice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	4 φ
$> 16 \text{ mm}$	7 φ

4.7. Acciaio per Carpenteria metallica

4.7.1. Caratteristiche minime dei materiali

	Fe 360B S235	Fe 430B S275	Fe 510B S355
tensione di rottura	360 N/mm ² 3670 kg/cm ²	430 N/mm ² 4383 kg/cm ²	510 N/mm ² 5200 kg/cm ²
tensione di snervamento	235 N/mm ² 2396kg/cm	275 N/mm ² 2803 kg/cm ²	355 N/mm ² 3618 kg/cm ²
tensione ammissibile per elementi di spessore <	160 N/mm ² 1630 kg/cm ²	190 N/mm ² 1937 kg/cm ²	240 N/mm ² 2445 kg/cm ²
tensione ammissibile per elementi di spessore >	140 N/mm ² 1427 kg/cm ²	170 N/mm ² 1733 kg/cm ²	210 N/mm ² 2140 kg/cm ²
tensione ammissibile per elementi di spessore < 40mm soggetti a ad azioni	180 N/mm ² 1835 kg/cm ²	214 N/mm ² 2181 kg/cm ²	270 N/mm ² 2752 kg/cm ²
tensione ammissibile per elementi di spessore > 40mm soggetti ad azioni	157 N/mm ² 1605 kg/cm ²	191 N/mm ² 1950 kg/cm ²	236 N/mm ² 2408 kg/cm ²

	C40	42CrMo4	39NiCrMo3
tensione di rottura	630 N/mm ²	930 N/mm ²	930N/mm ²
tensione di snervamento	400N/mm ²	735 N/mm ²	735N/mm ²
tensione ammissibile	260N/mm ²	490N/mm ²	490N/mm ²
tensione ammissibile per elementi di spessore > 40mm	230N/mm ²	420 N/mm ²	450 N/mm ² 4587 kg/cm2

4.7.2. Tensioni ammissibili secondo la UNI 7670 Rif. 5.1.1 e 5.1.2.

MATERIALI (Laminati UNI 7845)	Dimensioni mm	Tensione di rottura minima	Tension e di snerv. minima	Tensione ammiss. Per apparecchi di sollev.	Allungamento min. percent. %	Limite di fatica per verifica a fatica σ_{D-1}
S 235 JR	≤ 16	360~490	235	127	28	180
	>16 ≤ 40		225	122	28	
	>40 ≤ 63		215	116	27	
	>63 ≤ 80		205	111	26	
S 275 JR	>80 ≤ 100		205	111	26	
	≤ 16	430~560	275	149	24	-
	>16 ≤ 40		265	143	24	
	>40 ≤ 63		255	138	23	
>63 ≤ 80	245		132	22		
S 355 JR	>80 ≤ 100		235	127	22	
	≤ 16	510~650	355	192	22	-
	>16 ≤ 40		345	186	22	
	>40 ≤ 63		335	181	21	
>63 ≤ 80	325		176	20		
Fe 490	>80 ≤ 100		315	170	20	
	≤ 16	490~630	295	159	20	245
	>16 ≤ 40		285	154	20	
	>40 ≤ 63		275	149	19	
>63 ≤ 80	-		-	18		
39NiCrMo3	>80 ≤ 100		-	-	18	-
	≤ 16	980~1180	785	398	11	490
	>16 ≤ 40	930~1130	735	375	11	465
	>40 ≤ 63	880~1080	685	352	12	440
>63 ≤ 80	830~980	635	329	12	415	
>80 ≤ 100	740~880	540	286	13	370	

4.7.3. Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

STATO DI TENSIONE					
CLASSE VITE	ft (N/mm ²)	fy (N/mm ²)	fk,N (N/mm ²)	fd,N (N/mm ²)	fd,V (N/mm ²)
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.8	600	480	360	360	255
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1000	900	700	700	495

fk,N è assunto pari al minore dei due valori $fk,N = 0.7 ft$ ($fk,N = 0.6 ft$ per viti di classe 6.8)

$fk,N = fy$ essendo ft ed fy le tensioni di rottura e di snervamento

$fd,N = fk,N =$ resistenza di calcolo a trazione $fd,V = fk,N / \sqrt{2} =$ resistenza di calcolo a taglio

4.7.4. Saldature

Su tutte le saldature è stato eseguito un controllo visivo e dimensionale. Le saldature più importanti (ad esempio le saldature delle giunzioni flangiate) sono state controllate a mezzo di particelle magnetiche e/o ultrasuoni.

Il filo di saldatura utilizzato è di tipo IT-SG3 (Saldature ad alta resistenza, fino a 600N/mm²), ed ha le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche meccaniche: R=590N/mm²; S=420N/mm²; KV (20°C) = 50J

Composizione chimica media: C = 0.08%; Mn = 1.4%; Si = 0.8%; P = 0.02%; S = 0.02%.

I saldatori utilizzati per la costruzione delle strutture sono certificati secondo la UNI EN 287/1.