

Comune:

FERRARA

Oggetto:

VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO  
DI INIZIATIVA PRIVATA APPROVATO  
CON DELIBERAZIONE N° G.C.N. 2013/342  
IN DATA 18/06/2013, P.G. 2013/50135

Tav. n°:

RG

Zona dell'intervento:

VIA COMACCHIO, 711 - COCOMARO DI CONA, 44123 FERRARA (FE)

Proprietà:

GAMBALE IMMOBILIARE s.r.l.  
Corso Italia, 538 - 44043 Mirabello (FE)

Committente:

CONSORZIO POLYART IMPRESE  
Via XXIV Maggio, 36/E - 24128 Bergamo (BG)

Progettista:

STUDIO A4+ - Arch. ENRICO PUGGIOLI  
Via Darsena, 67 - 44122 Ferrara (FE)  
Tel. 0532-760836 Fax 0532-711297  
E-mail enricopuggioli@yahoo.it

Collaboratori:

Arch. Giovanni Magri  
Dott. Arch. Mascia Migliari

Stato:

PROGETTO

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA PER LE  
OPERE DI URBANIZZAZIONE

Scala:

1:500 - 1:1000

Data:

25.10.2017

Aggiornamento:

Data aggiornamento:

Livello Progettazione:

DEFINITIVO

Variante N.:

01

**COMUNE DI FERRARA**  
**Località COCOMARO di CONA**

-----

**“FONDO GOLENA”**

**NOTA GEOLOGICA**  
**PER LE OPERE DI URBANIZZAZIONE**

**Committente: CONSORZIO POLYART IMPRESE**  
**Proprietà : GAMBALE IMMOBILIARE S.R.L.**

**Data: Ferrara, novembre 2017**  
**Rif. Rel. 02PUA/GTC2017**

**EDILGEO** geologia sostenibile

Studio Tecnico Geologico dr.geol.Marilena Martinucci  
via Pontegradella 11- 44100 Ferrara tel 335 6815433  
e.mail: edilgeo.fe@email.it marilena.martinucci@email.it

**PROVINCIA DI FERRARA  
COMUNE DI FERRARA**

**LOCALITA' COCOMARO DI CONA – FERRARA  
LOTTIZZAZIONE “FONDO GOLENA”**

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO  
NOTA GEOLOGICA PER LE OPERE DI URBANIZZAZIONE**

**INDICE**

**1. LE STRADE**

- 1.1. INTRODUZIONE
- 1.2. ANALISI DEL TRAFFICO
- 1.3. MATERIALI
  - 1.3.1. Sottofondo
  - 1.3.2. Geotessile
  - 1.3.3. Rilevato
  - 1.3.4. Riporto strutturale in misto a calce
  - 1.3.5. Stabilizzato granulometrico
  - 1.3.6. Conglomerato bituminoso
- 1.4. CALCOLO SOVRASTRUTTURA
  - 1.4.1. Metodo razionale degli strati
  - 1.4.2. Metodo Road Note 29
- 1.5. MODALITÀ OPERATIVE

**2. LE RETI INTERRATE**

## 1. STRADE

### 1.1. INTRODUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di:

- strade di urbanizzazione
- piazzali di parcheggio
- piste pedonali e ciclabili interne al comparto

La quota del piano campagna varia fra 6,70 e 7,10 m s.l.m., la strada provinciale di Cona Comacchio è posta ad una quota compresa fra 8,60 e 8,53 m s.l.m..

Si prevede la realizzazione di strade e piazzali di quartiere e locali, con livelli di traffico commerciale limitato.

In particolare il progetto prevede la realizzazione di

- strade veicolari larghezza 3,5 ./ 5,5 e 6 m utilizzando una sovrastruttura così indicata

Strato di usura – binder	Spessore 3+7 cm
Stabilizzato granulometrico 0-20 mm	Spessore 15 cm
Stabilizzato granulometrico 0./50 mm	Spessore 25 cm
Tessuto non tessuto	
Sabbia fine limosa	Spessore 50 cm
Terra costipata rilevato / sottofondo	-----

- Marciapiede e Parcheggi

Cubetti autobloccante + terreno	Spessore 6./8 cm
Sabbia di frantoio	Spessore 4./5 cm
Stabilizzato granulometrico 0 – 30 mm	Spessore 10 cm
Tessuto non tessuto	
Sabbia fine limosa (A2-4)	Spessore 20 cm
Terra costipata rilevato./sottofondo	-----

- Pavimentazione vialetti pedonali , larghezza metri 2,50

Ghiaia fine 0 – 5 mm	Spessore 3 cm
Stabilizzato granulometrico 0 – 30 mm	Spessore 20 cm
Terreno costipato rilevato ./ sottofondo	-----

Il sottosuolo è prevalentemente caratterizzato dalla presenza di terreni a matrice limosa e sabbiosa. Si prevede la esecuzione di un riporto sull'intera area di almeno 1,0./1,5 metri.

Per il dimensionamento delle sovrastrutture stradali si eseguiranno in numero adeguato prove di portanza – prove CBR, prove su piastra

Di seguito viene riportato il calcolo della pavimentazione relativa agli interventi della viabilità del nuovo insediamento “Borgo Solare”.

Il dimensionamento è basato sul traffico veicolare pesante (di modesta entità).

Questo valore è fondamentale per la verifica della vita utile della strada, ossia il tempo passato il quale si dovrà intervenire sulla pavimentazione stradale con opere di manutenzione, quali la sostituzione degli strati di conglomerato bituminoso.

## 1.2. ANALISI DEL TRAFFICO

Il traffico veicolare, ed in particolare il traffico veicolare pesante, è il primo elemento responsabile del degrado della pavimentazione stradale.

Anche se limitata l'entità delle sollecitazioni derivanti dal passaggio di carichi elevati (asse da 80./130 Kn) è necessario considerare la natura ciclica del carico e quindi procedere alla verifica a fatica che permetterà di tradurre il carico in numero possibile di passaggi e quindi definire la vita utile della pavimentazione stradale

Nella tabella 1 si riportano le verifiche sotto riportate in breve.

Il progetto prevede la realizzazione di abitazioni e servizi e si assume indicativamente un traffico di 125 veicoli/giorno x 2 + 50 % per traffico di servizio per un totale di circa 350 veicoli giorno.

Dal traffico medio giornaliero si assume il 15 % di traffico pesante ricavando un valore di 53 passaggi giorno.

- numero di assi standard equivalenti / giorno (80 kN-8 t) = 53

- per vita utile di 20 anni un numero di assi standard equivalenti/20 anni =123.000

## 1.3. MATERIALI

I materiali costituenti il pacchetto della pavimentazione sono caratterizzati dal modulo dinamico di elasticità E e dal modulo di Poisson.  $\nu$ .

Il controllo del grado di addensamento potrà essere eseguito attraverso prove su piastra diametro 30 cm , al primo ciclo di carico, per i seguenti valori:

- sottofondo 0,05 ./0,15 MPa
- rilevato 0,05 ./ 1,5 MPa
- fondazione 0.05 ./ 0,15 MPa
- Il fondazione 0,15 ./ 0,25 MPa

### 1.3.1. Sottofondo

Per la determinazione del modulo di sottofondo si possono utilizzare le relazioni sperimentali:

$$E_o = 10 \text{ CBR} \quad (\text{MPa})$$

e per terreni coesivi vale la relazione

$$\text{Coesione non drenata } c_u = 23 \text{ CBR (KPa)} = 0,03 \text{ } c_u \text{ (Mpa)}$$

da cui:

$$E_o = 400 \cdot c_u \quad (\text{Mpa})$$

Per il sito in esame

$$E_o = 400 \times 0,05 = 20 \text{ MPa} \quad \nu = 0,45$$

Il sottofondo adeguatamente scoticato (15./20 cm) dovrà essere adeguatamente compattato .

### 1.3.2. Rilevato

Lo strato di rilevato costituito da terreno di riporto dello spessore > di mm 50 appartenente secondo norma UNI 10006 ai gruppi A1,A3,A2-4 oppure A4 e/o A6 corretti o granulometricamente o con miscelazione :

Il riporto dovrà essere eseguito in strati successivi dello spessore reso prossimo a 25 cm ed adeguatamente compattato e umidità prossima a quella ottimale , ( previo controllo umidità ottimale in laboratorio con Prove di consolidazione Proctor).

Se troppo umido dovrà essere adeguatamente aerato, se troppo secco adeguatamente umidificato.

Il controllo addensamento sarà eseguito con prova su piastra 30 cm di diametro – Md > 20 MPa

Tenuto conto di un coefficiente di Poisson di 0,4 per questo terreno si ammettono valori di modulo elastico prossimi a

$$E_o = 50 \text{ Mpa} \quad \nu = 0,40$$

### 1.3.3. Geotessuto

Sul piano del rilevato è opportuno prevedere la posa di un telo di geotessuto, nontessuto e/o tessuto posto alla base dello strato di rilevato con funzione anticontaminante del peso di circa 200 ./250 g/m<sup>2</sup>

### 1.3.4. Fondazione

Lo strato di fondazione è previsto con riporto dello spessore di mm 50 in due strati successivi con materiale appartenente secondo norma UNI 10006 ai gruppi A1, A3, A2-4 oppure A4 e/o A6 corretti o granulometricamente o con miscelazione a calce/cemento. I materiali sciolti (sabbiosi) potranno essere miscelati con cemento, i terreni limo argillosi con calce.

Il riporto di questo strato dovrà essere eseguito in due strati successivi dello spessore reso prossimo a 25 cm ,adeguatamente compattato e umidità prossima a quella ottimale,(previo controllo umidità ottimale in laboratorio con Prove di consolidazione Proctor). Se troppo umido sarà adeguatamente aerato se troppo secco adeguatamente umidificato. La deumidificazione potrà essere ottenuta attraverso l'apporto di calce viva

Seguirà il controllo dell' addensamento con prova su piastra 30 cm di diametro – Md ≥ 50./70 MPa.

Tenuto conto di un coefficiente di Poisson  $\nu$  di 0,4 per questo terreno si ammettono valori di modulo elastico prossimi a

$$E_o = 100./150 \text{ MPa} \quad \nu = 0,40$$

### 1.3.5. Stabilizzato granulare

Per il secondo strato di fondazione si considera l'utilizzo di un misto granulare stabilizzato di idonea granulometria (0÷50 mm), adeguatamente compattato con una umidità prossima a quella ottimale.

Per il controllo del grado di addensamento si dovrà raggiungere un modulo di deformazione con prova su piastra 30 cm prossimo a Md = 80./100 MPa

Lo spessore reso dovrà essere pari a 200 mm

Per questo strato si adottano valori di  $E = 220 \text{ ./} .250 \text{ MPa}$   $\nu = 0,40$

### 1.3.6. Conglomerato bituminoso - Binder Usura

Questo strato si considera costituito da

- Binder spessore mm 70
- Usura spessore mm 30

Ed il modulo elastico  $E = 2500 \text{ ./} .3500 \text{ MPa}$  e  $\nu = 0,35$

## 1.4. CALCOLO DELLA SOVRASTRUTTURA

Il calcolo della sovrastruttura viene affrontato utilizzando il “metodo razionale degli strati” e gli spessori minimi col metodo della Road Note 29.

### 1.4.1. Metodo razionale degli strati

La sovrastruttura stradale viene rappresentata attraverso un sistema multistrato a comportamento elastico lineare con le seguenti condizioni:

a) gli strati, caratterizzati dal modulo elastico di Young  $E$  e dal coefficiente di Poisson  $\nu$ , non sono limitati sul piano orizzontale

b) il sottofondo è omogeneo per profondità significativa

c) il carico è trasmesso sullo strato superficiale da due impronte circolari sulle quali agisce una pressione uniforme –coppia di ruote di un’asse

Nella tabella seguente viene evidenziata la sovrastruttura di progetto verificata col metodo razionale degli strati (IVANOV)

Strato	Spessore (mm)	E (MPa)	$\nu$
Strato bituminoso Binder – usura	100	2500./3500	0,35
Misto stabilizzato	200	220 ./ 250	0,40
II strato A6	250	90 ./ 150	0,40
I strato A6	250	90 ./ 150	0,40
Rilevato A2-4 / A6	>500	50	0,40
Sottofondo	-----	20	0,45

La verifica parte dal calcolo del Modulo di Progetto legato alla deformazione massima ammissibile, al n° di passaggi di automezzi pesanti, al diametro dell'impronta equivalente ed alla pressione di gonfiaggio.

Il modulo di progetto  $E_p = (p \cdot D) / f$

essendo  $p$  = pressione di gonfiaggio = 8 Kg/cm<sup>2</sup>

$D$  = diametro impronta = 40 cm

$F$  = freccia massima ammissibile = 1,55 mm

Modulo di progetto  $E_p = 2062 \text{ Kg/cm}^2$

Modulo equivalente  $E_e^{IV} = 2244 \text{ Kg/cm}^2$

Essendo  $E_e^{IV} < E_{prog}$  la sovrastruttura sopra indicata è verificata

### Metodo Road Note 29

Una seconda verifica viene eseguita col metodo ROAD NOTE 29 per la determinazione degli spessori minimi in relazione al numero di passaggi

Utilizzando gli abachi della Road Note 29 ove viene definito lo spessore della fondazione, lo spessore della base in conglomerato bituminoso e della pavimentazione (binder + usura) in relazione al numero di assi standard da 8,2 ton transitanti sulla strada nel periodo della vita media della strada stessa (20 anni).

L'ipotesi di 53 veicoli asse standard da 8,2 t /giorno alla base delle ipotesi di progetto corrispondenti a circa n. 123.000 assi standard in 20 anni.

Dagli Abachi di seguito riportati risulta (fig. 1 e 2) per CBR = 3:

- spessore della fondazione cm. 30
- base in conglomerato bituminoso cm. 7
- binder + usura cm. 5

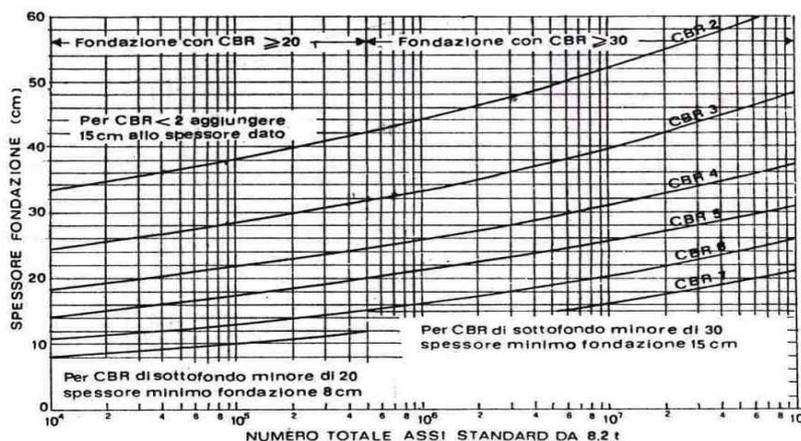


fig. 3 — Abaco per fondazioni in misto granulare per pavimentazioni flessibili (da Road Note 29)

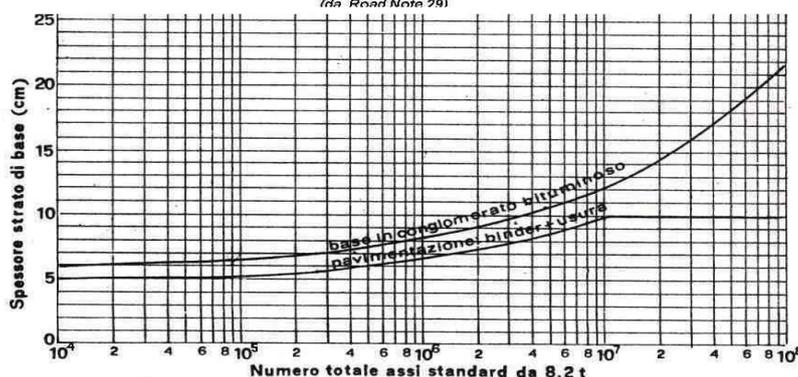


fig. 4 — Abaco per base in misto bitumato e per binder + manto (da Road Note 29).

Riassumendo in breve quanto esposto nelle pagine precedenti, risulta come la struttura progettata per le strade a maggior traffico sia verificata

Il progetto prevede inoltre strade di servizio ciclabili e pedonali ove non si avrà traffico pesante per le quali quindi le strutture indicate sono verificate.

Dalle verifiche sopra indicate ed in particolare al metodo della Road Note , la struttura potrà essere dimensionata aumentando lo spessore dello strato granulare e diminuendo proporzionalmente lo strato bituminoso.

La struttura potrà quindi essere così dimensionata:

- binder + usura	cm.	7+3
- fondazione in misto granulare stabilizzato	cm	20
- sottofondazione in materiale sabbioso e/o limoso trattato a calce	cm	25+25

## 1.5. MODALITÀ OPERATIVE

### Preparazione del piano di posa

- sbancamento per circa 0,15./0,25 m con leggero allargamento rispetto la sede stradale (30./50 cm per parte). Durante questa operazione si dovrà osservare lo stato dei materiali di sottofondo. Se si noteranno umidità anomale o litologie anomale (detriti sciolti o grossolani) o lenti di terreni torbosi (A8), questi vanno sostituiti, procedendo alla bonifica con approfondimento dello scavo in modo adeguato e sostituendo questi materiali con terre sabbiose (A3 ./ A2-4).
- compattazione del sottofondo con rullo statico di medio peso. Su tale piano si dovrà raggiungere un Modulo di deformazione prossimo a 150 Kg/cm<sup>2</sup> misurato con prove di carico su piastra secondo la Norma CNR B.U. n. 9
- riporto di materiale per raggiungere quota di progetto strade con materiale idoneo granulometricamente e compattato strato a strato con umidità idonea alla compattazione.

#### a) 1° strato di fondazione

##### strato di sabbia con alla base telo di geotessuto

- posa di un telo di geotessuto di buone caratteristiche (telo in polipropilene costituito da bandelle intrecciate ed estruse regolarmente) (vedi caratteristiche riportate di seguito). La sovrapposizione tra i vari teli posati sarà di almeno 20 cm ; i lembi sovrapposti dovranno essere bloccati con punti metallici e / o nontessuto.
- riporto di materiale sabbioso sabbia (A3), sabbia fine limosa A2-4 e/o sabbia riciclata (frazione fine derivante dalla frantumazione dei detriti) per uno spessore di circa 25+25 cm compattato o in alternativa riporto in due strati di materiale limoso riferibile classificato A6 tratta a calce (3./5 % in peso secco materiale).

Il Modulo di deformazione misurato con prova su piastra secondo Norme UNI dovrà essere pari a circa 400 Kg/cm<sup>2</sup> misurato al primo ciclo di carico.

Questo strato va posto in opera con umidità prossima alla umidità ottimale preventivamente verifica in laboratorio con prova AASHO mod.

In caso di precipitazioni meteoriche di un certo rilievo si consiglia di sospendere gli interventi.

La sistemazione superiore di questo strato dovrà essere tale da evitare ristagni di acqua sulla sua superficie.

**b) 2°strato di fondazione (strato di base)**

Devono essere utilizzate terre appartenenti ai gruppi A1 - misto granulare stabilizzato, calcareo per uno spessore di circa cm. 20 compattato.

La dimensione massima dei grani non deve essere > di 71 mm

Il materiale dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

1) una curva granulometrica continua contenuta nel fuso di seguito indicato:

Crivello o staccio UNI	percentuale in peso passante
71	100
30	70./100
crivelli UNI 10	30./70
5	23./55
2	15./40
staccio UNI 0,4	8./25
0,075	2./15

2) Rapporto fra passante allo staccio 0,075 UNI e alla staccio 0,4 UNI = 2/3

3) Limite Liquido e indice di plasticità della frazione passante allo staccio 0,4:  
Limite Liquido < = 25  
Indice Plastico < = 6

**posa in opera:**

La posa in opera richiede una corretta umidificazione ed un adeguato costipamento, preceduto se necessario da un rimescolamento per evitare la segregazione.

Essa non dovrà essere eseguita durante periodi di gelo, pioggia o di neve, o su sottofondi saturi di umidità.

Le terre dovranno essere stese a strati di spessore adeguato ai mezzi di addensamento.

L'umidità delle terre da impiegare sarà stabilita in base all'umidità ottima e alle prove pratiche effettuate coi mezzi costipanti. La umidificazione va eseguita innaffiando o risvoltando e disgregando la terra. La deumidificazione potrà essere eseguita risvoltando ed aerando le terre con eventuale aggiunta di calce.

Il materiale una volta steso dovrà presentarsi omogeneo, privo di zone ghiaiose, sabbiose, limose.

La superficie superiore degli strati dovrà avere pendenze tali da evitare avvallamenti e solchi.

Su questo strato si dovrà raggiungere non meno del 92 % della massima densità preventivamente verificata in laboratorio.

Il valore del Modulo di deformazione dovrà essere prossimo a 800 ./1000 Kg/cm<sup>2</sup>

Per la compattazione di ognuno di questo strato si dovrà utilizzare un rullo vibrante di

adeguato peso e potenza

**c) su questo strato si andrà infine a porre lo strato di collegamento bituminoso e il binder/usura**

**Geotessuto**

Sul terreno in sito, dopo una accurata compattazione del sottofondo con rullo statico si andrà a porre un telo di geotessuto.

Geotessile per rinforzo delle strutture stradali/piazzali

Geotessile-tessuto in polipropilene nero, costituito da bandelle di larghezza costante , intrecciate regolarmente fra loro.

I materiali dovranno avere una superficie rugosa , essere resistenti agli agenti chimici e ai raggi UV, essere imputrescibili e atossici, avere buona resistenza alle alte temperature, ed avere le seguenti caratteristiche:

- peso indicativo	300./350	g/m <sup>2</sup>
- resistenza a trazione in ordito/trama	>= 80	kN/m
- allungamento a trazione massima	<= 20	%
- resistenza a punzonamento	= 8./9	kN

Il telo in geotessuto posato sul piano di sottofondo dovrà adeguatamente sormontato nelle zone di giunto e bloccato con chiodi di ferro.

**2. LE RETI INTERRATE**

La progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle tubazioni sono normate dal D.M. 12.12.1985 *Norma tecnica per le tubazioni* e successivamente chiarite nella Circolare Ministeriale LL.PP. n.27291 del 20 marzo 1986.

Fra gli elaborati richiesti nel Progetto generale vi è la Relazione riguardante le caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno.

Le opportune valutazioni per la posa della rete acquedottistica e fognaria e delle delle acque di scarico meteorico saranno pertanto eseguite nello specifico progetto.

Dr.geol. Marilena Martinucci

Ferrara, novembre 2017