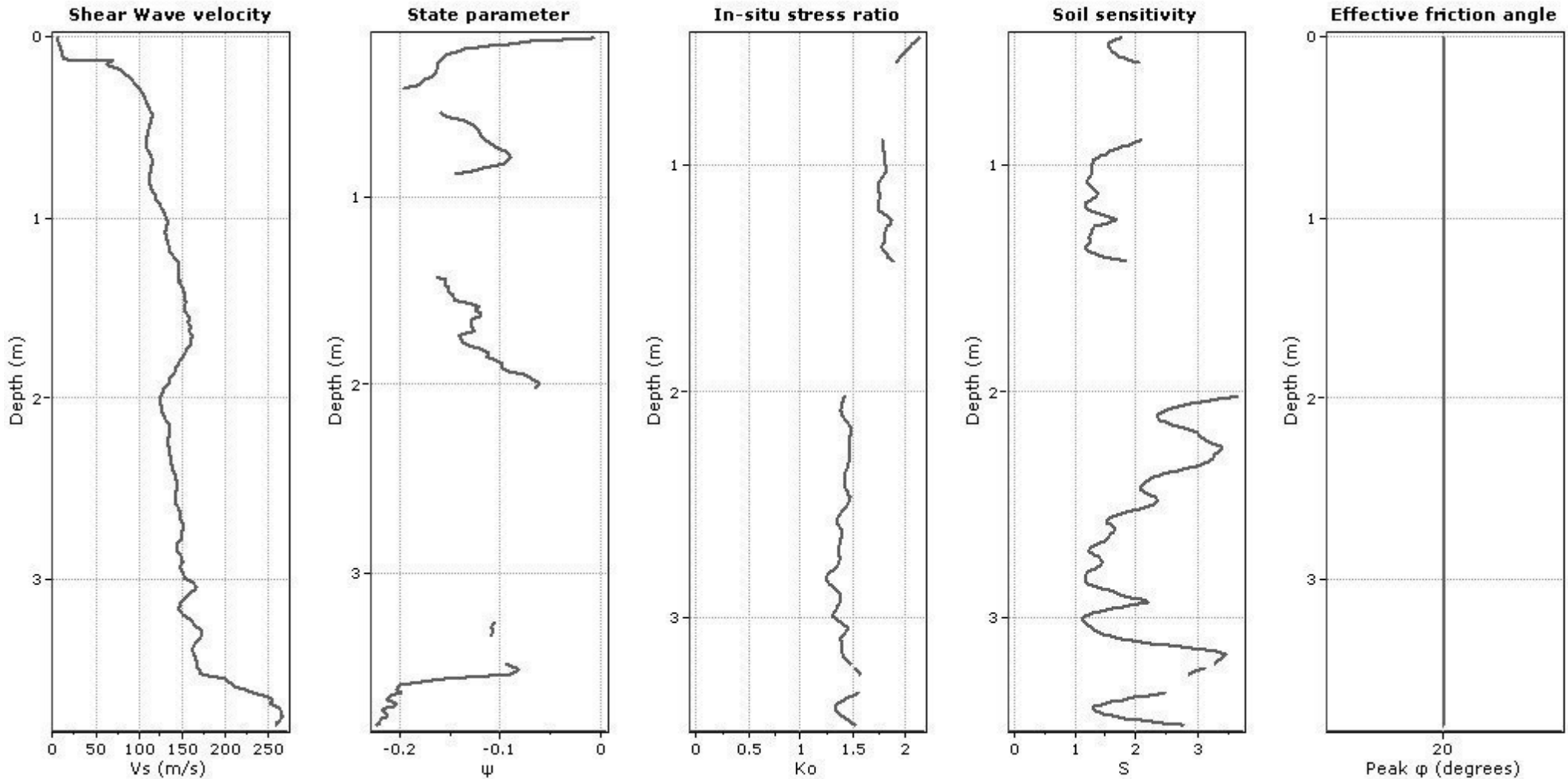


Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



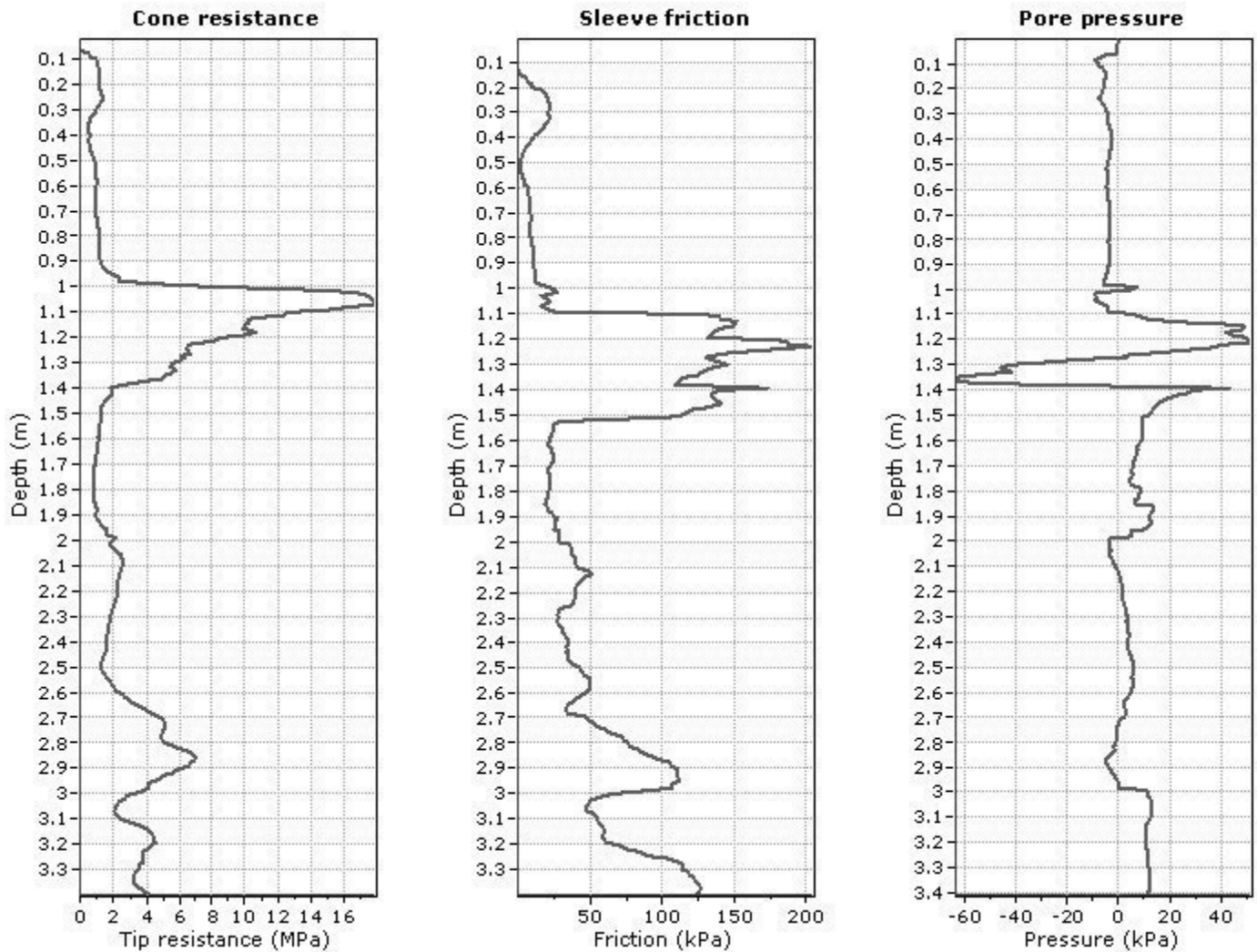
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

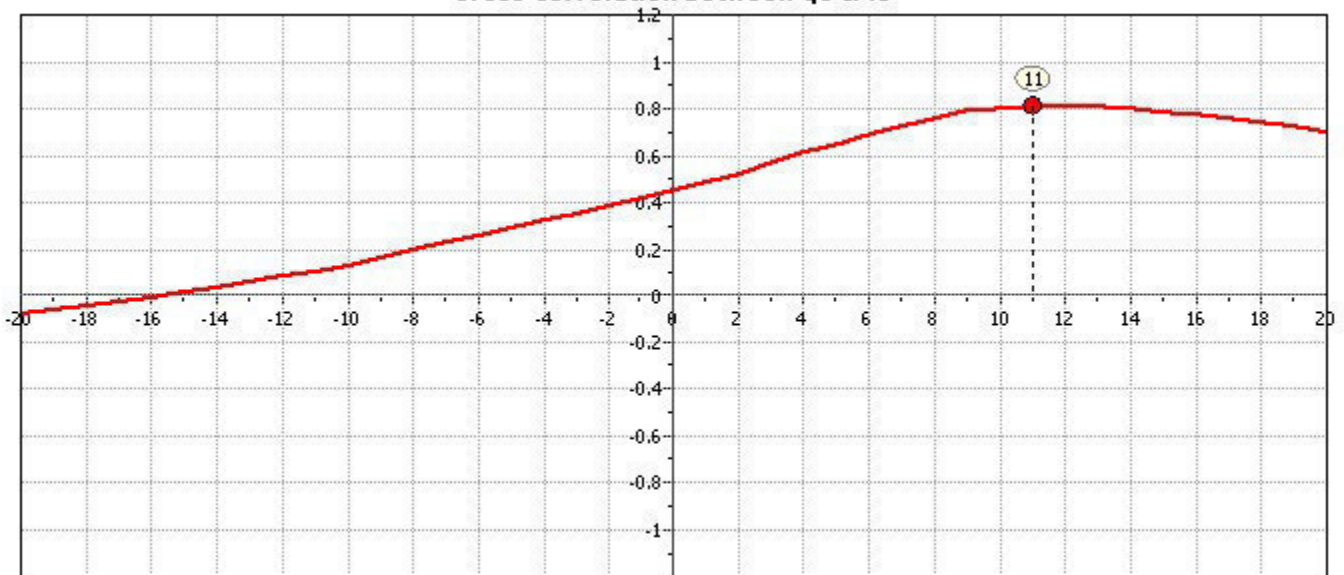
Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

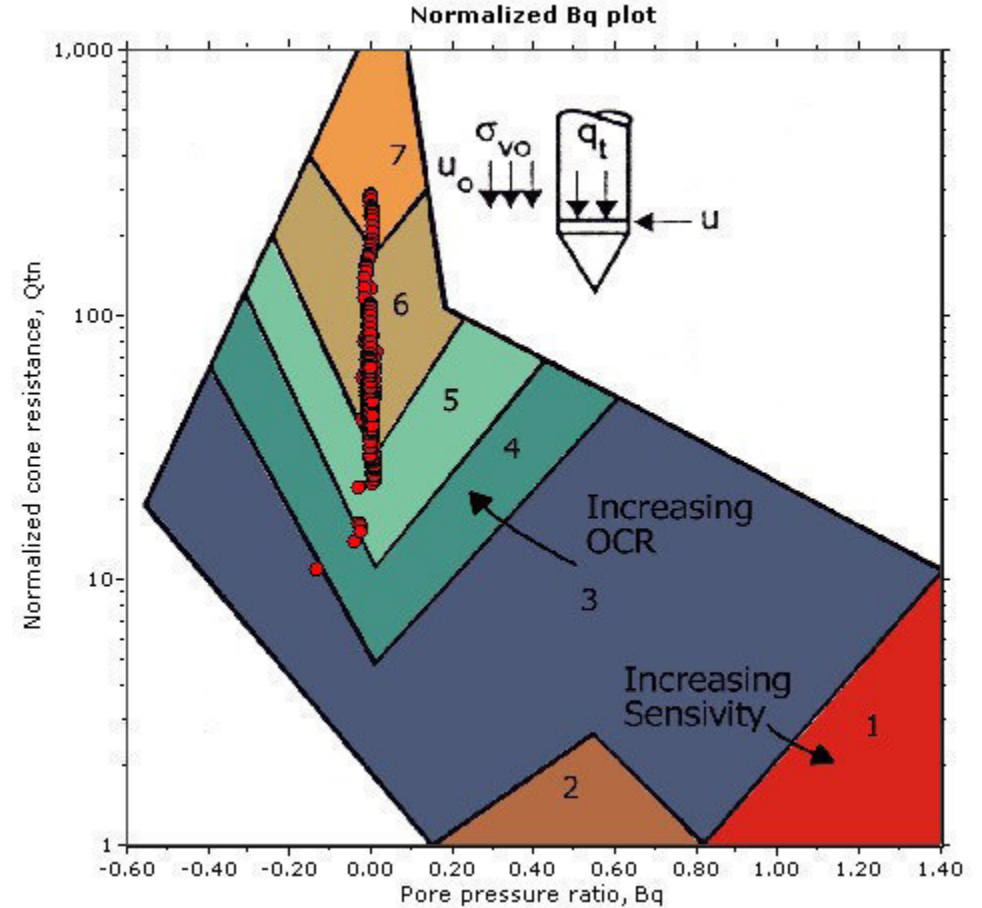
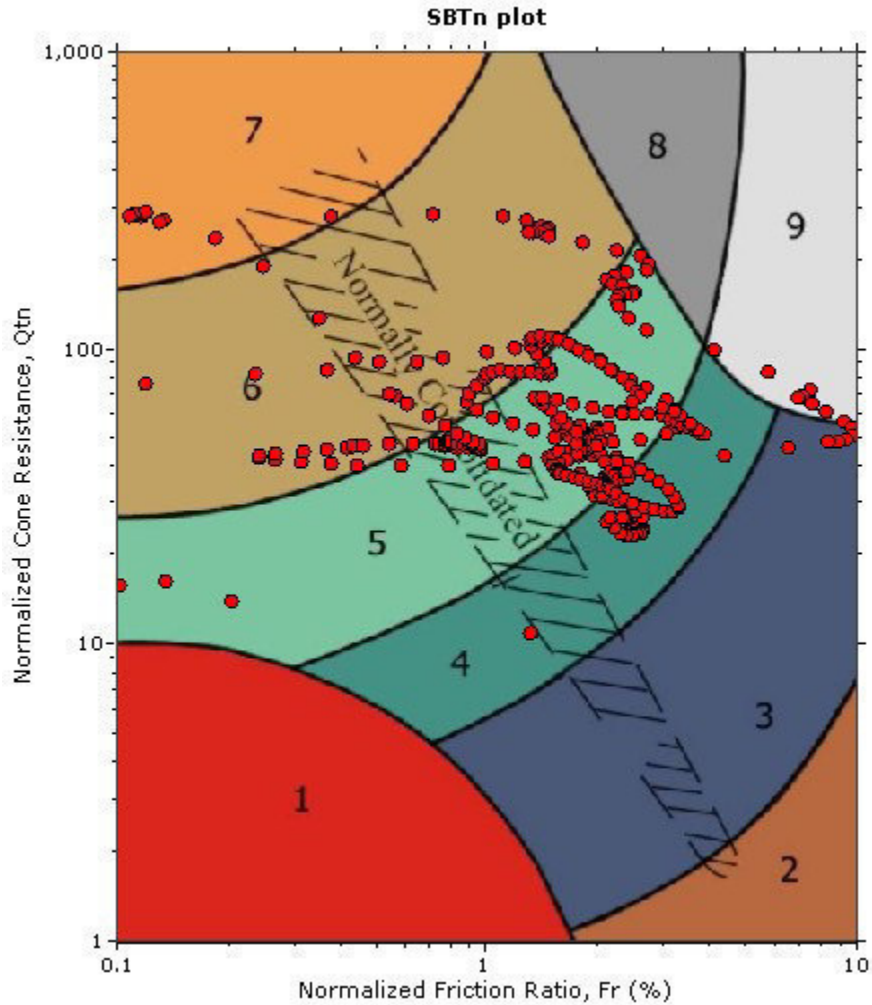


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



SBT - Bq plots (normalized)

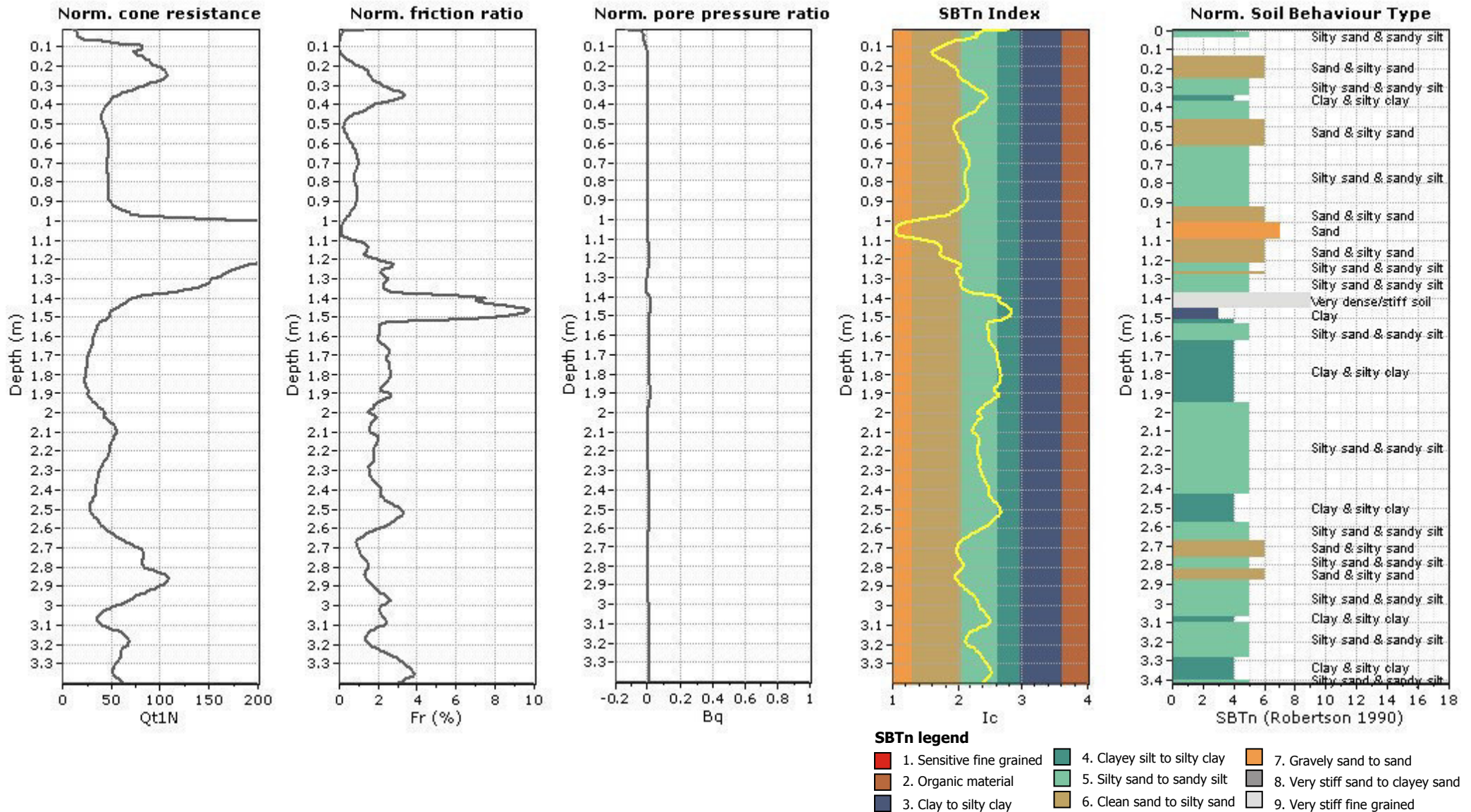


SBTn legend

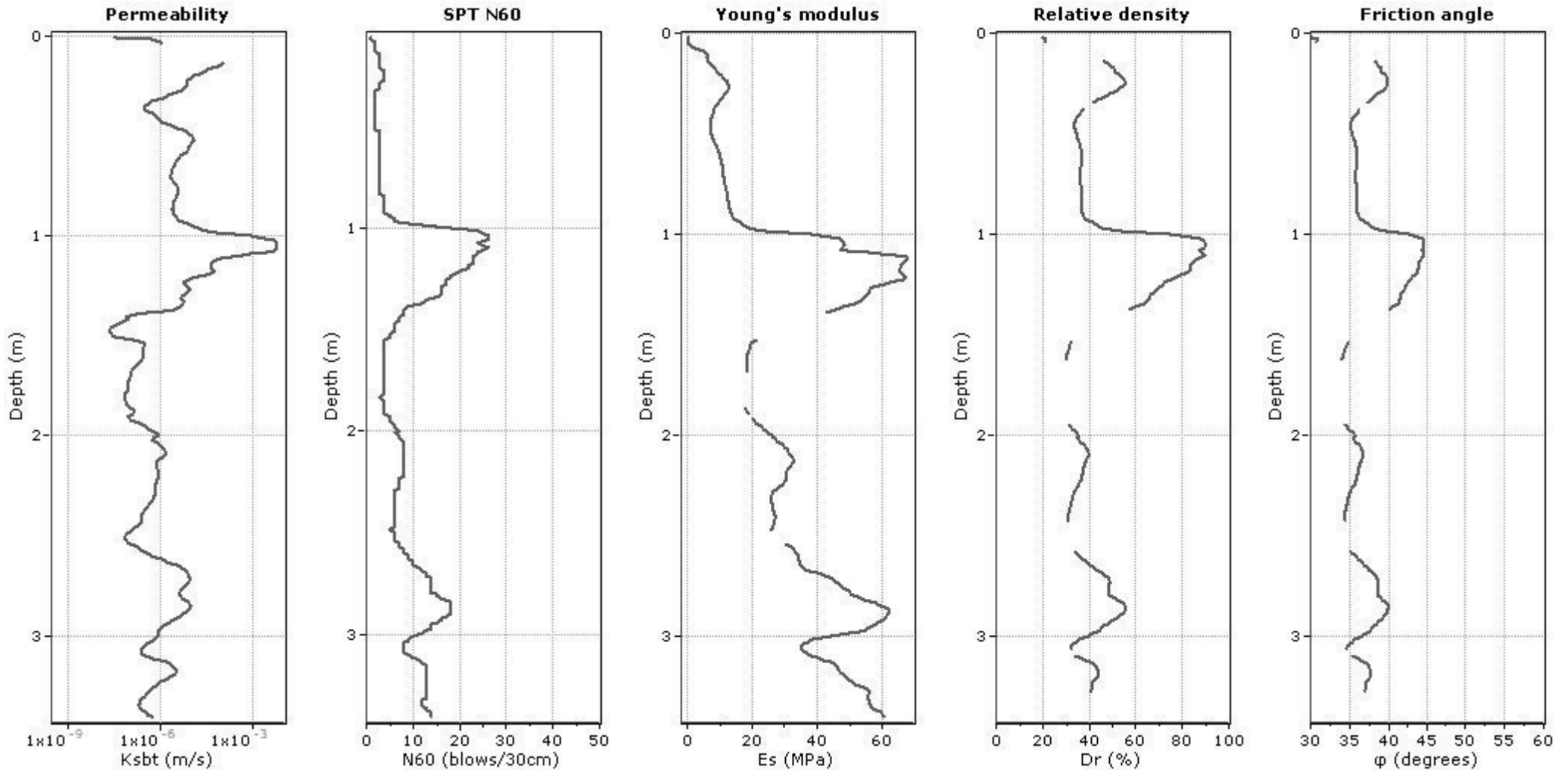
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

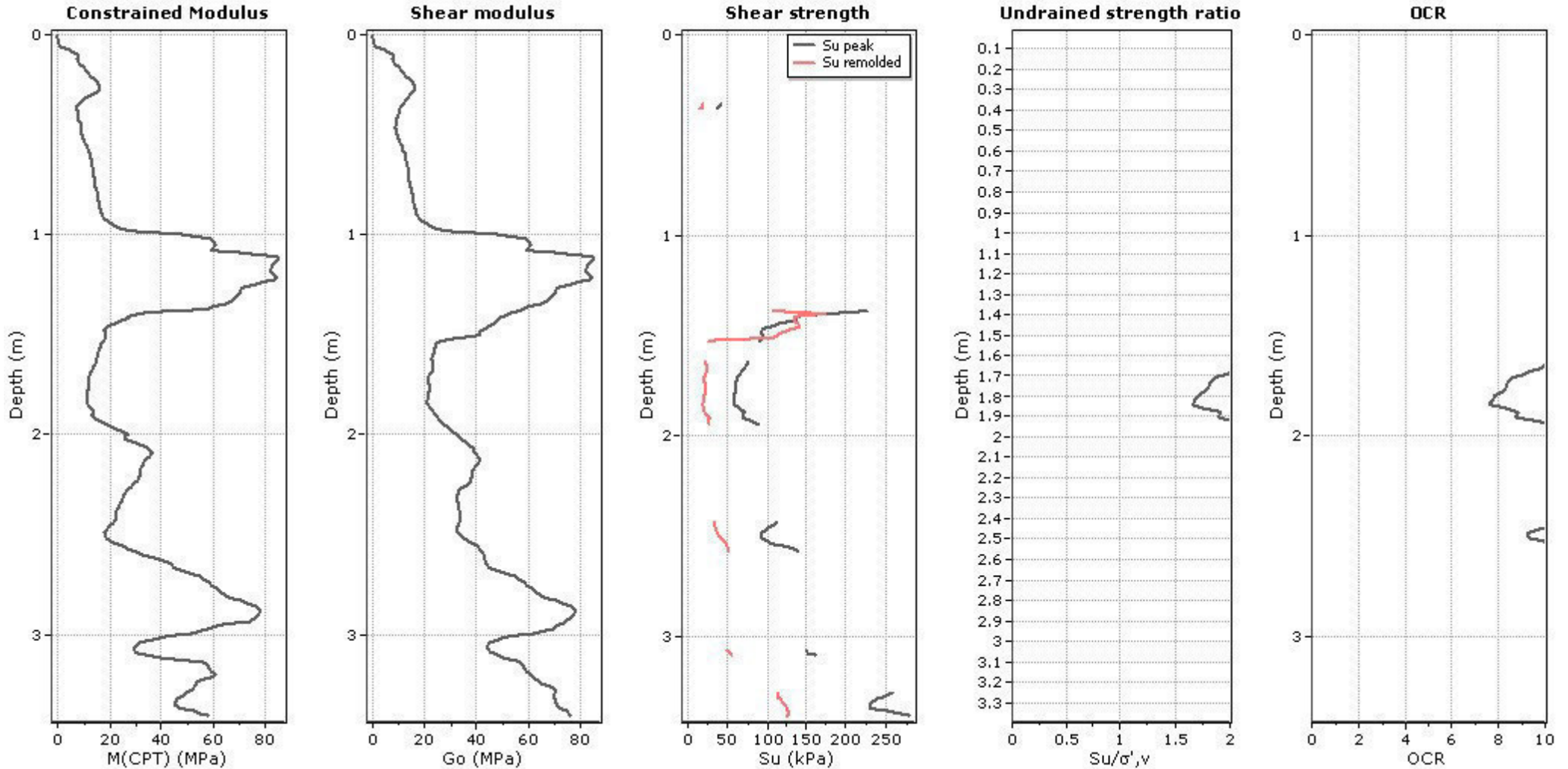
Relative density constant, C_D: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

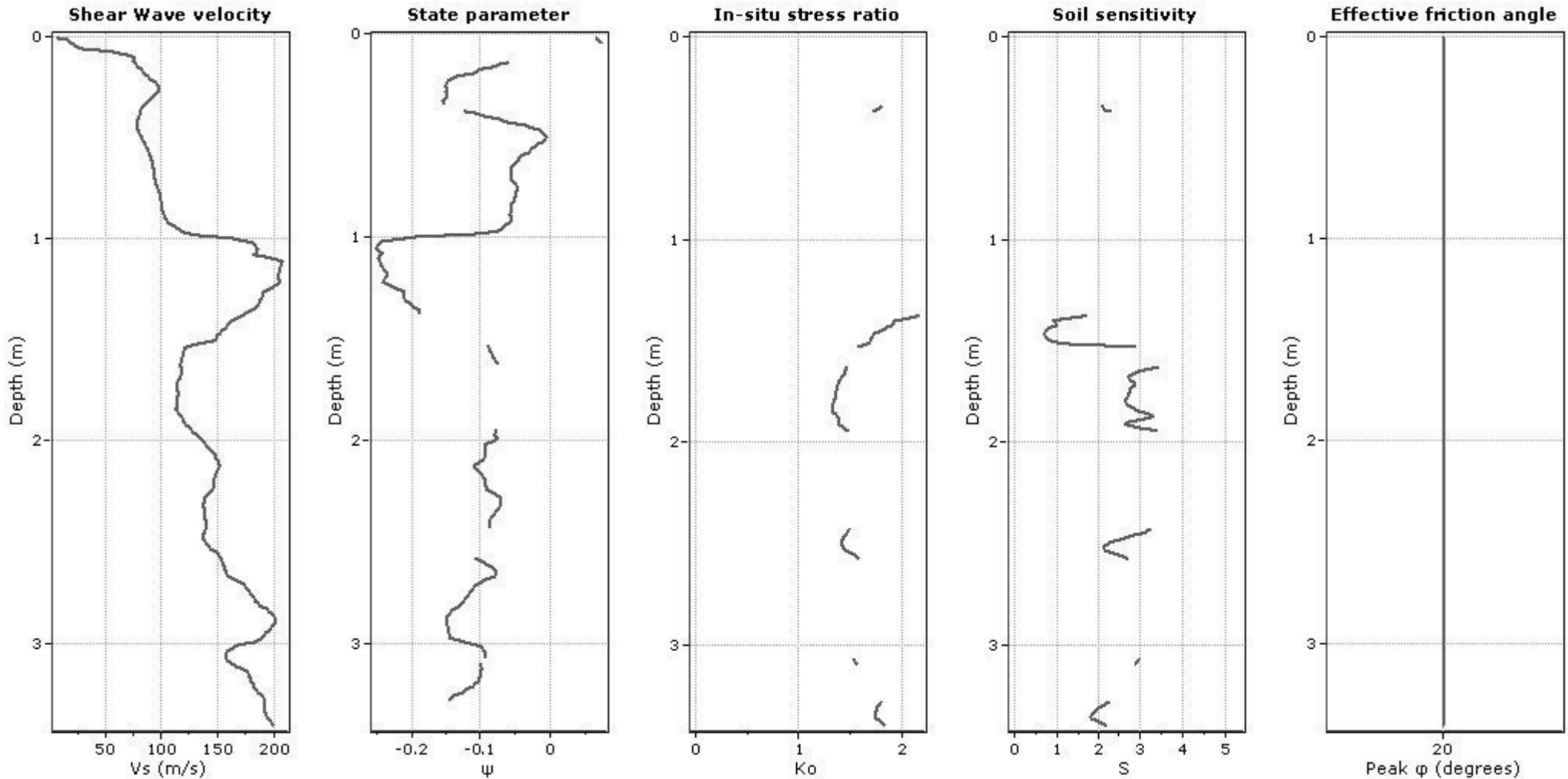
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● — User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

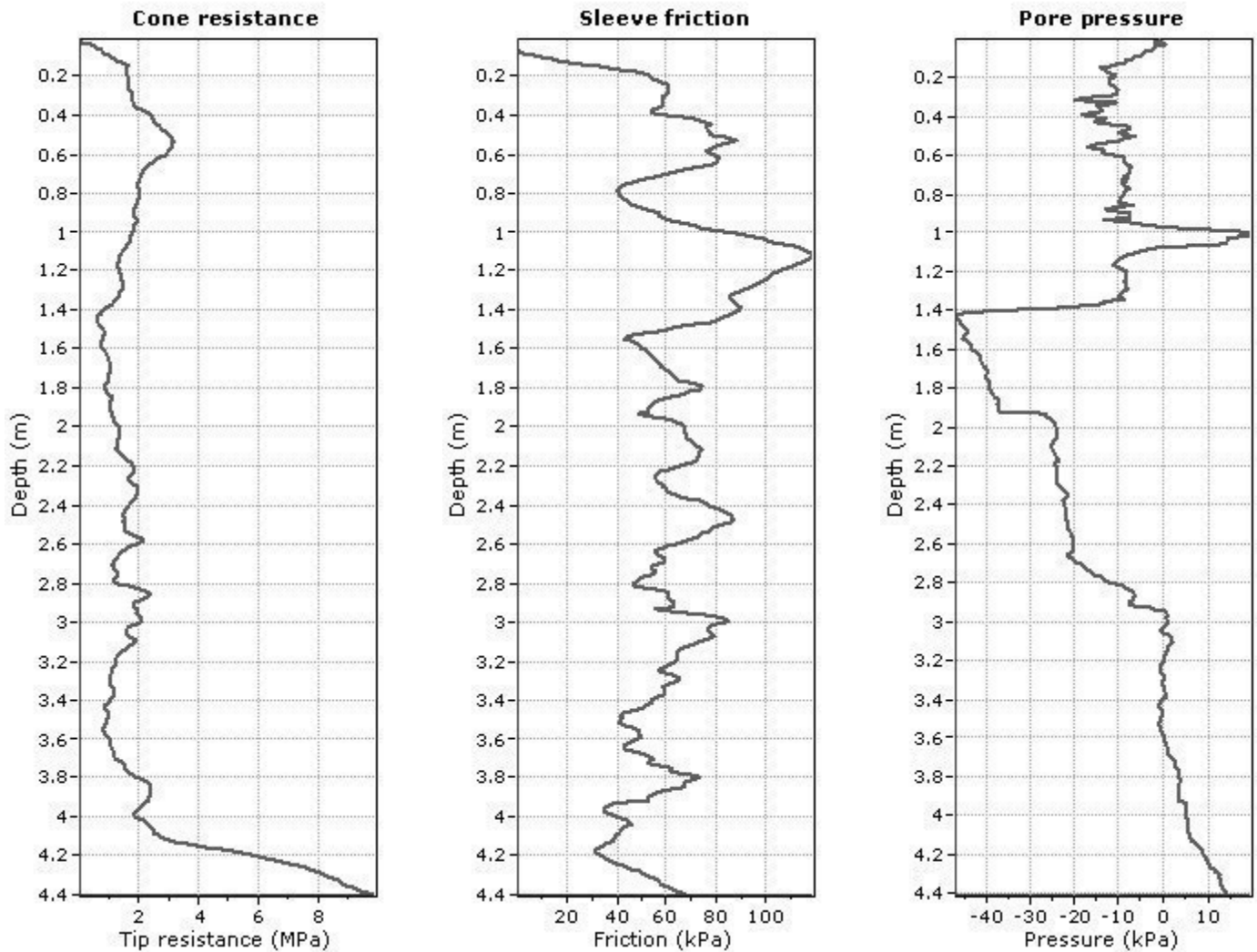


Calculation parameters

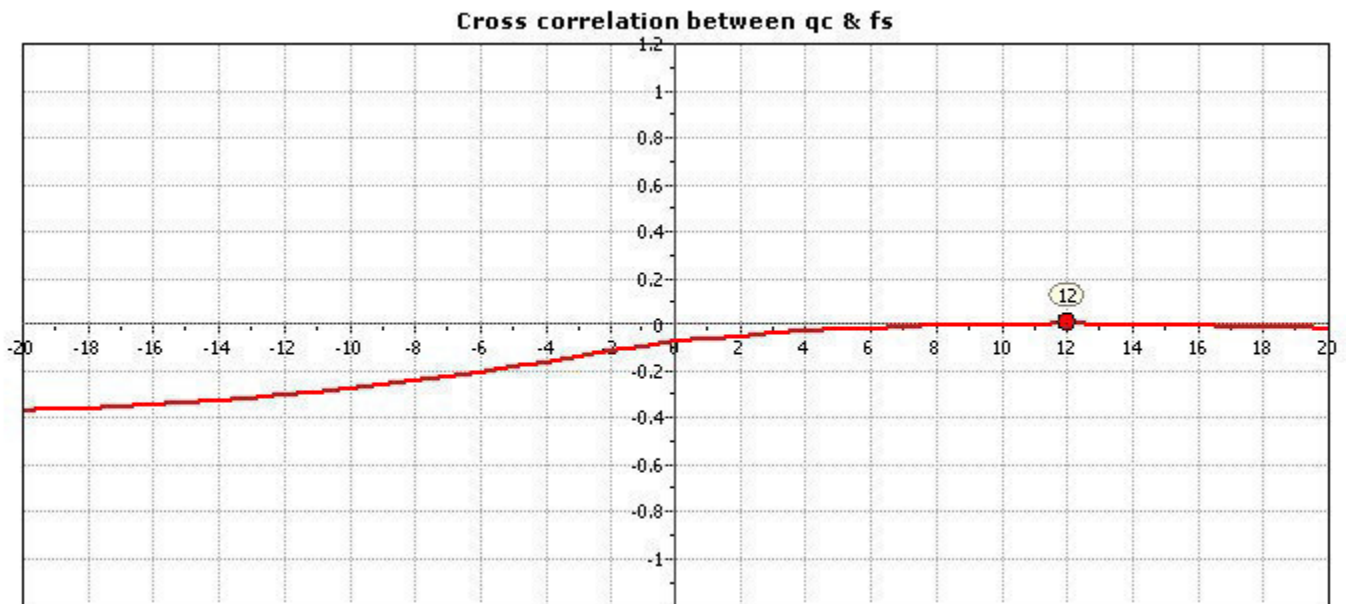
Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



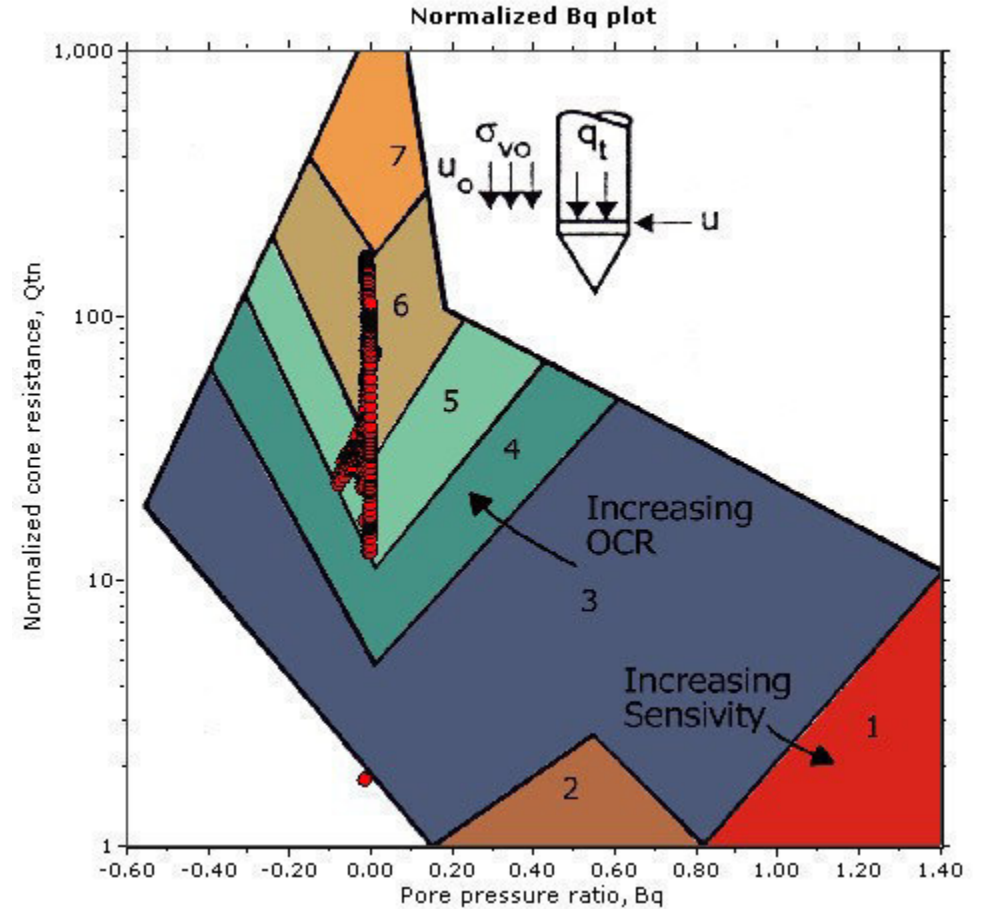
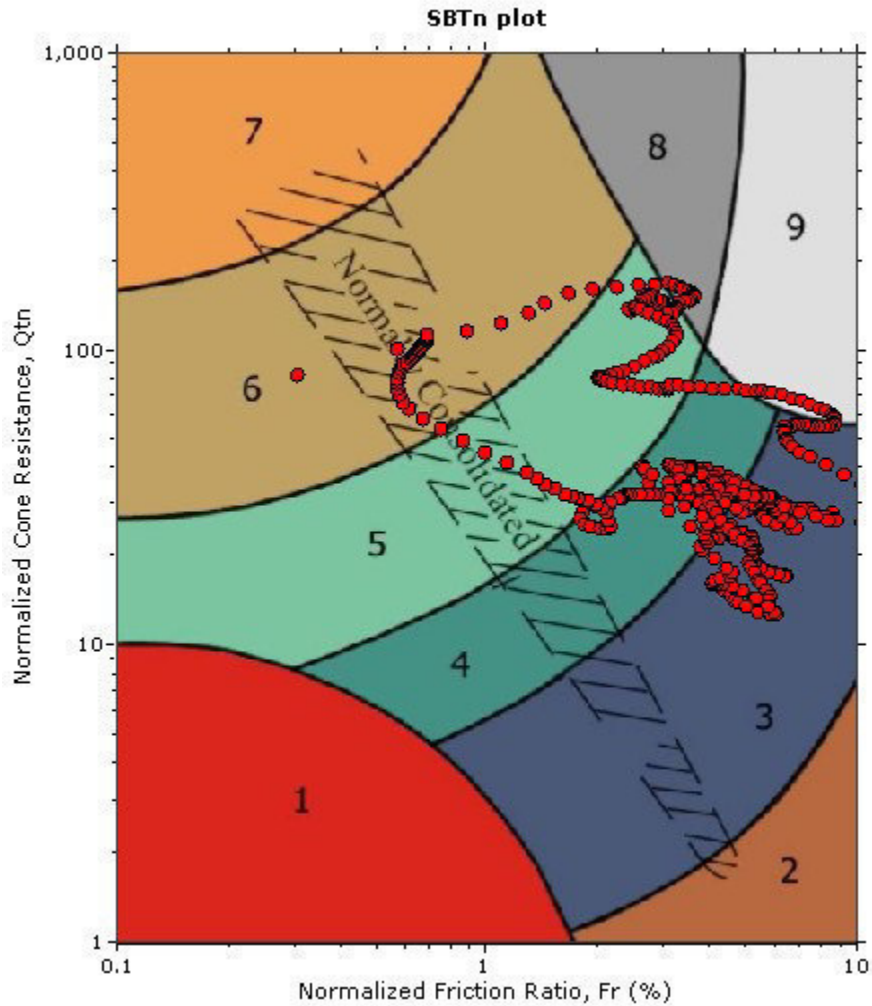
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

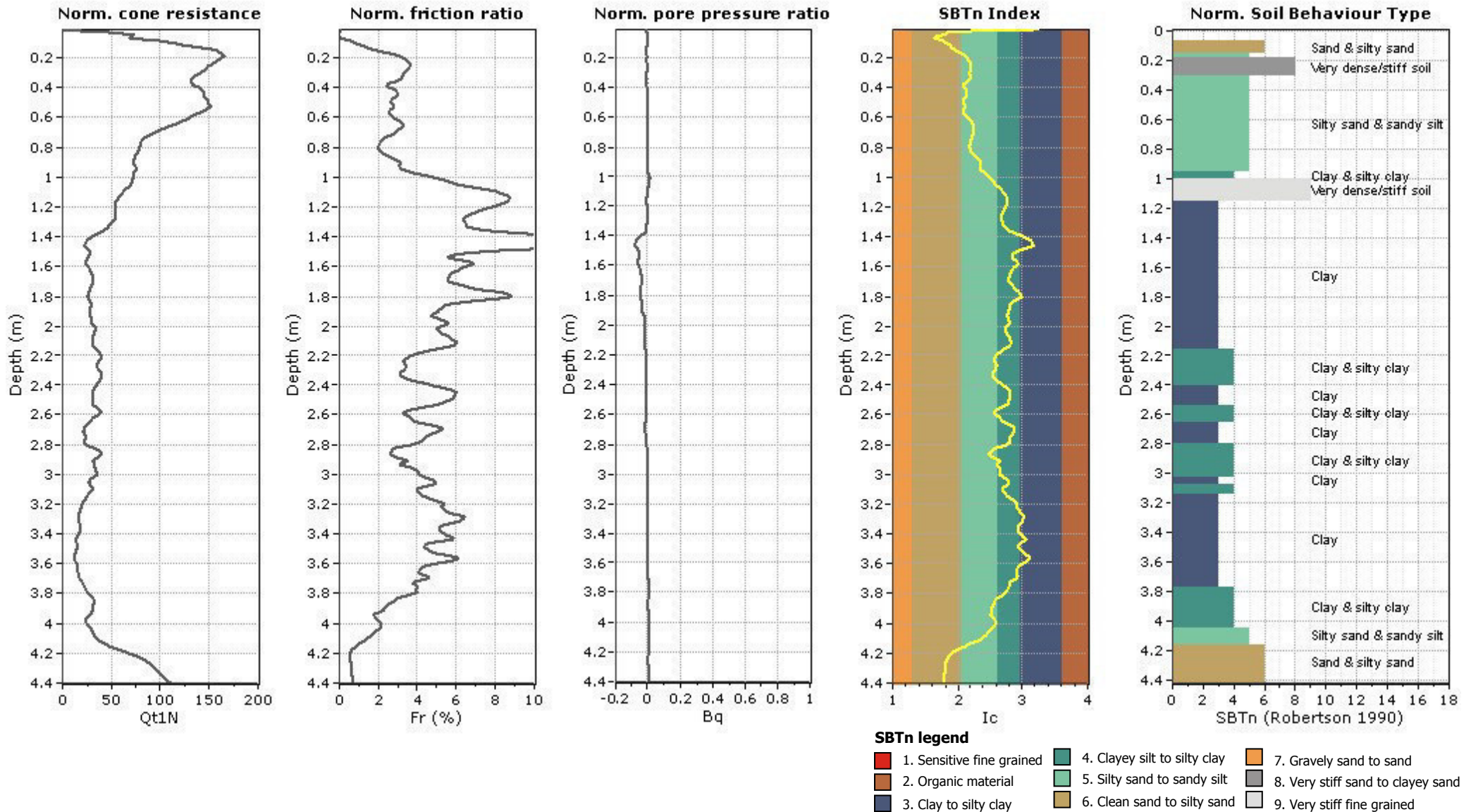
SBT - Bq plots (normalized)



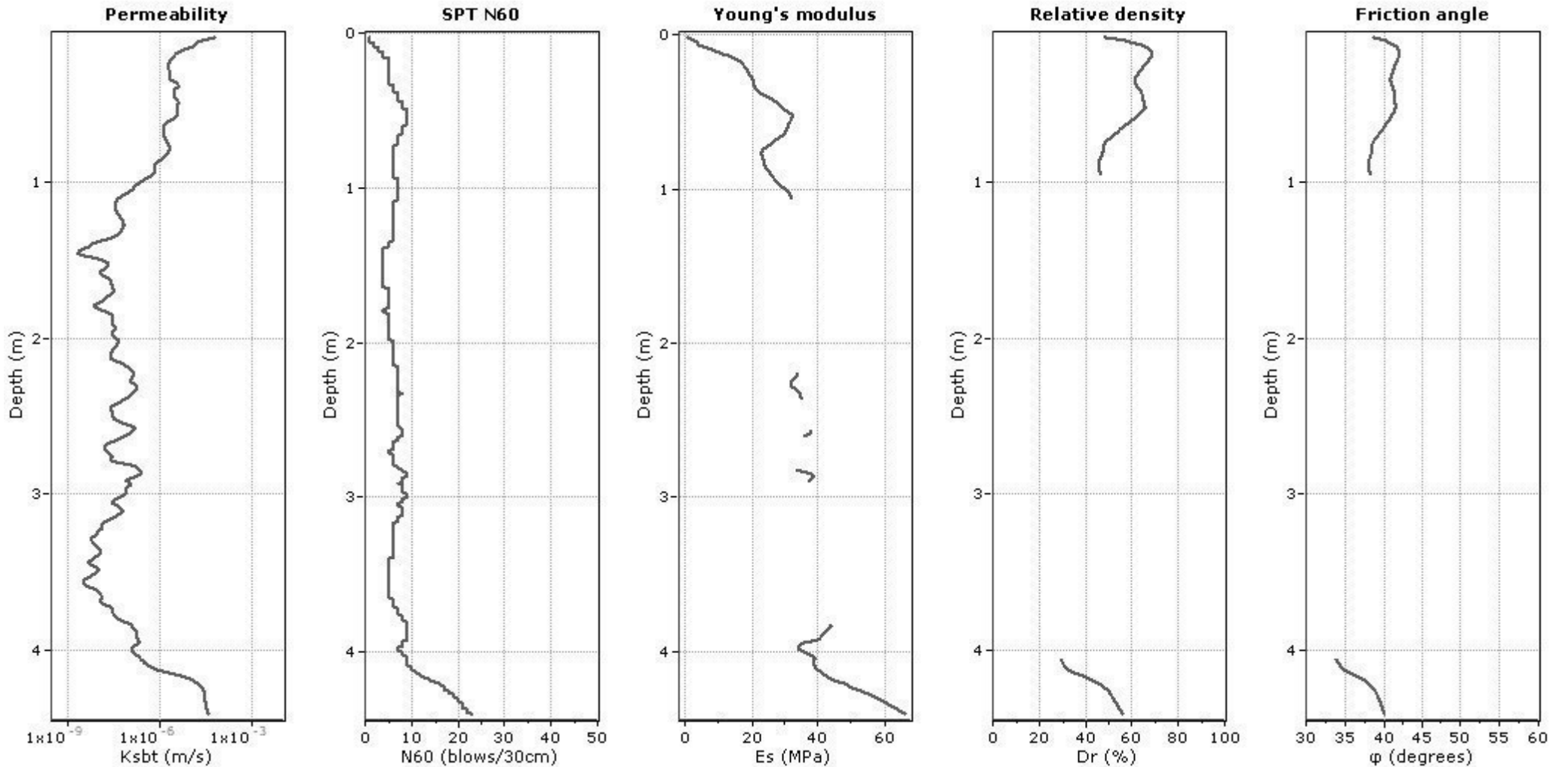
SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

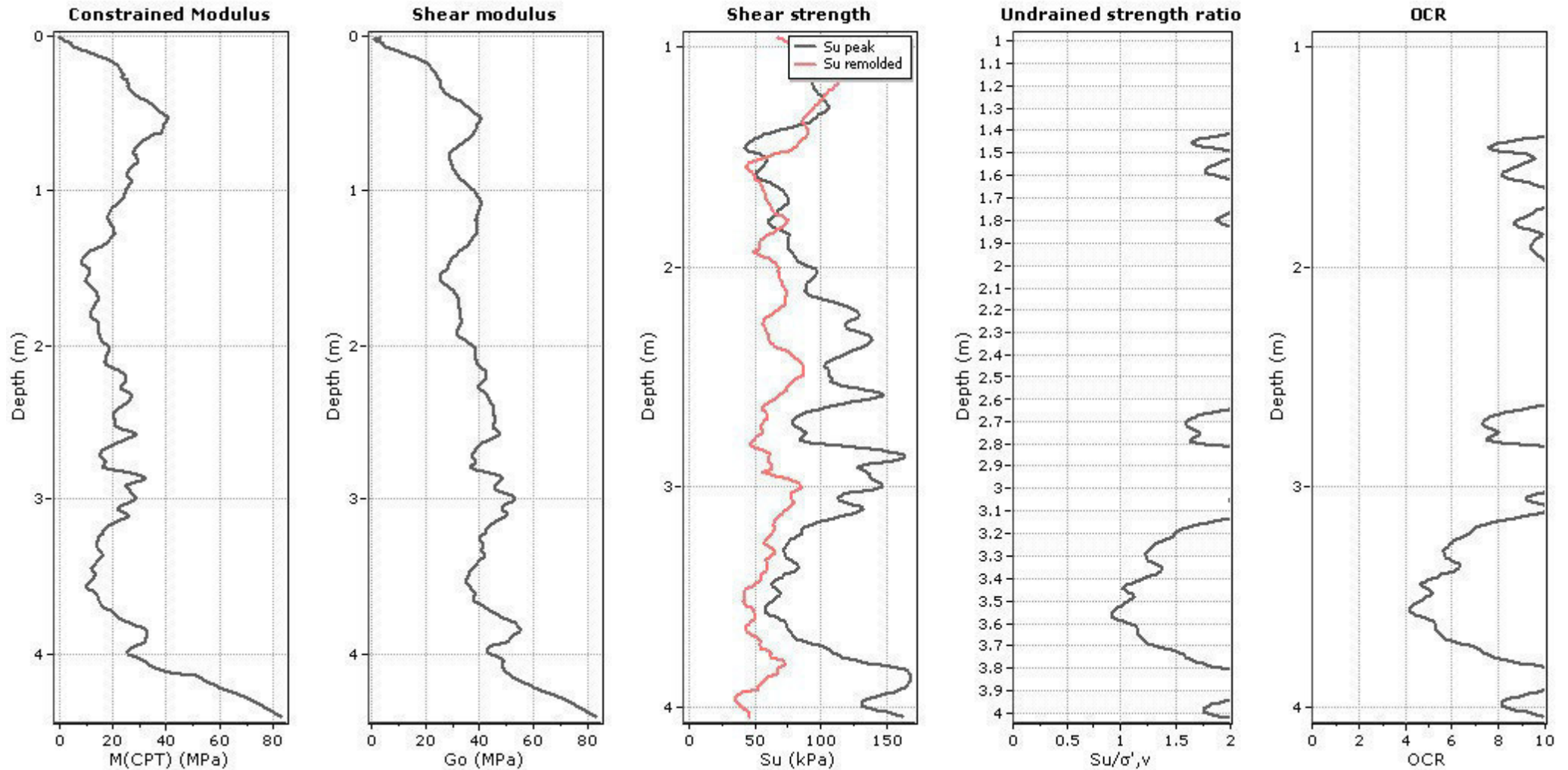
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_D: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

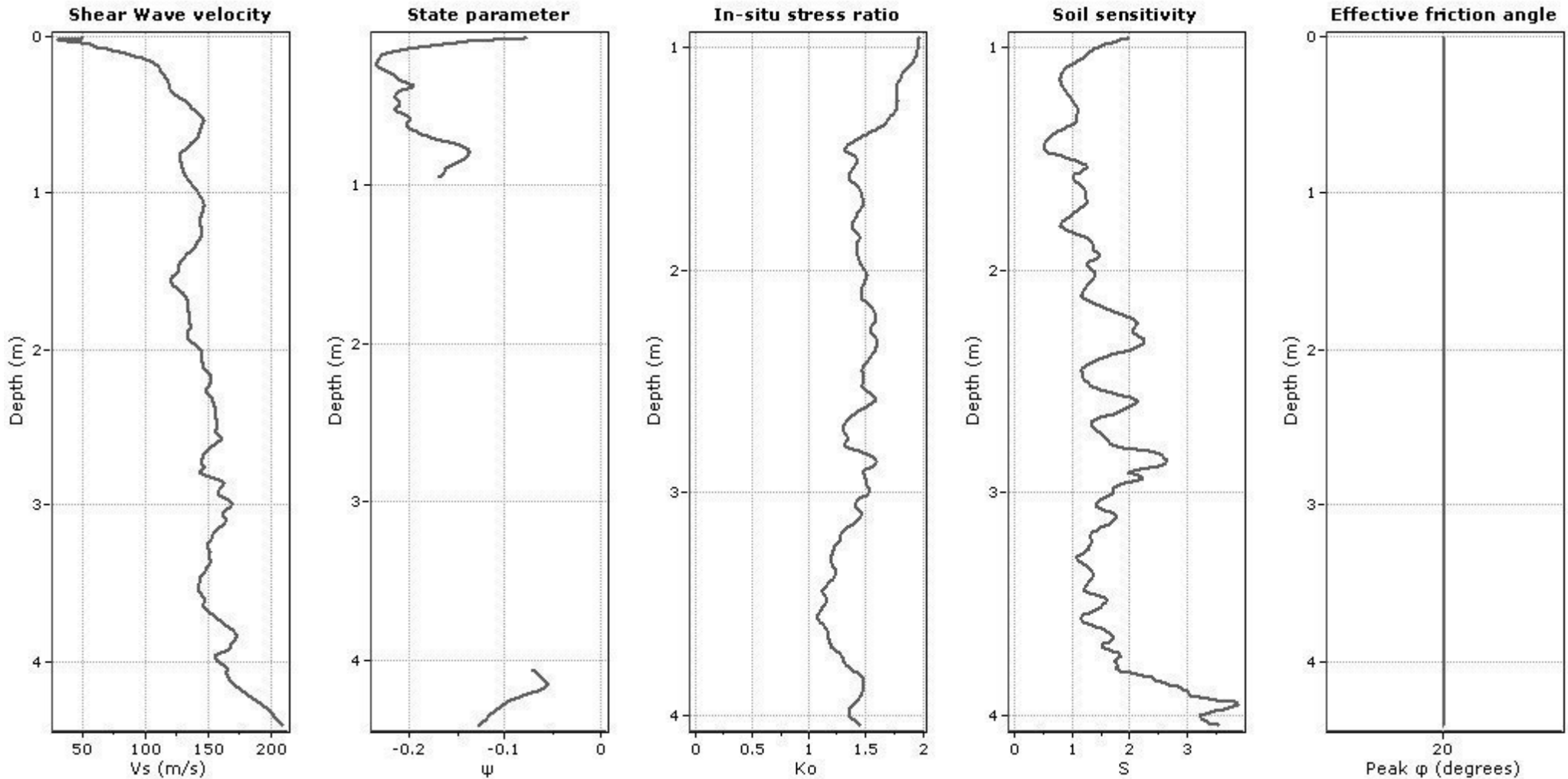
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

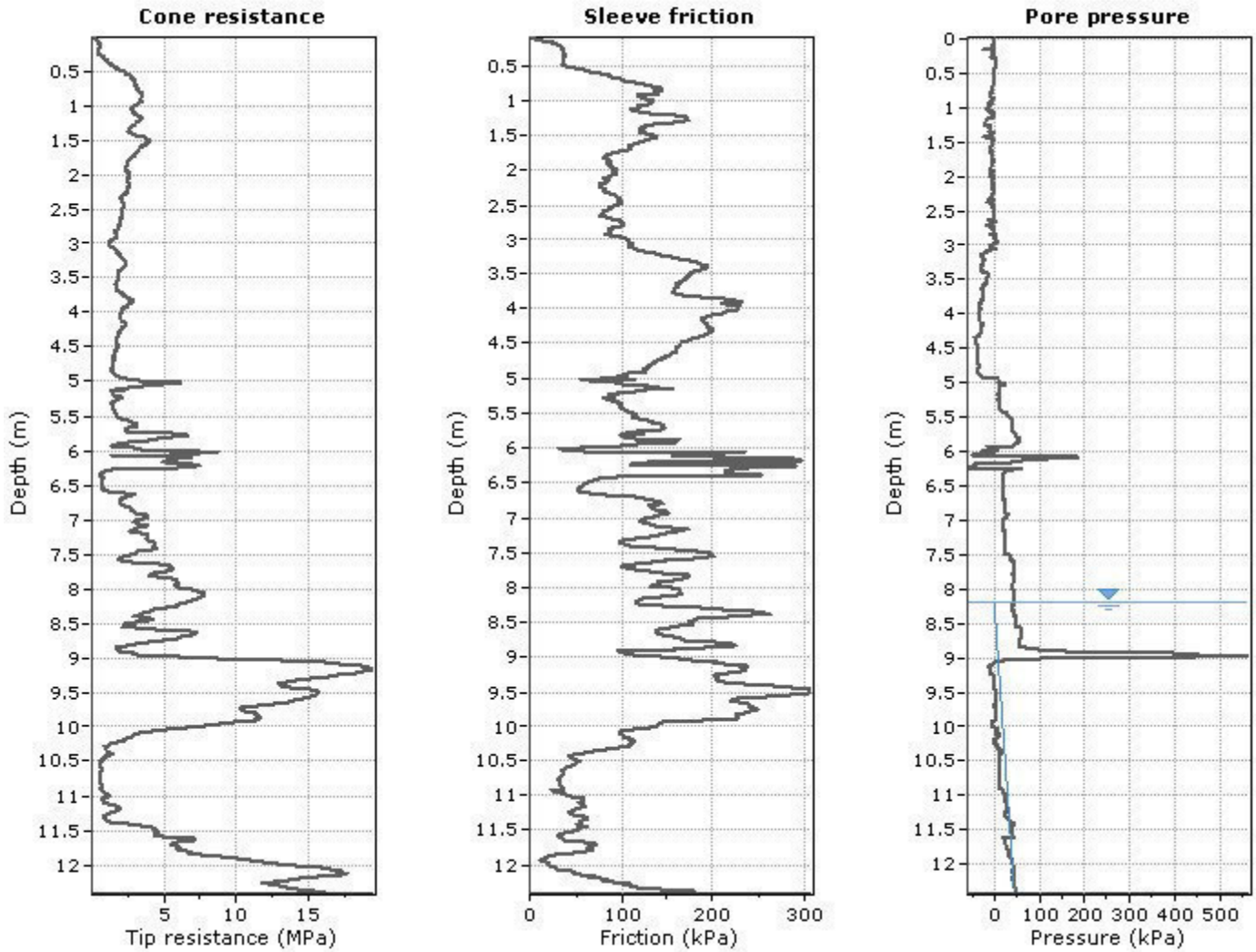


Calculation parameters

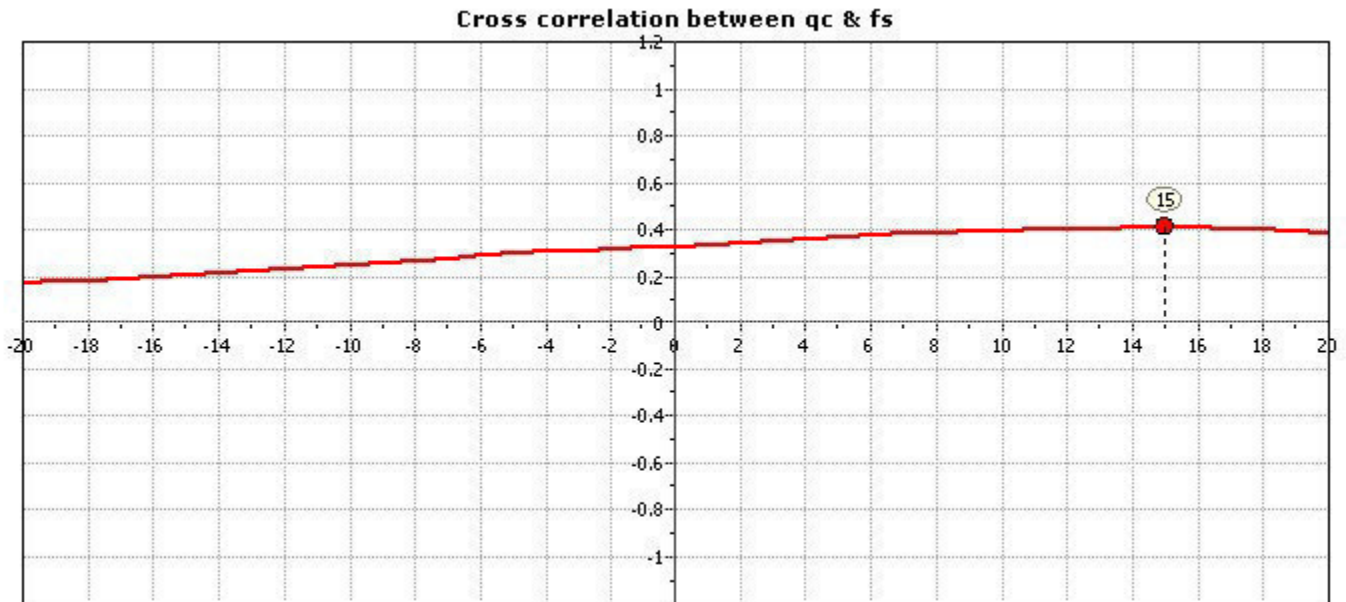
Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

● User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

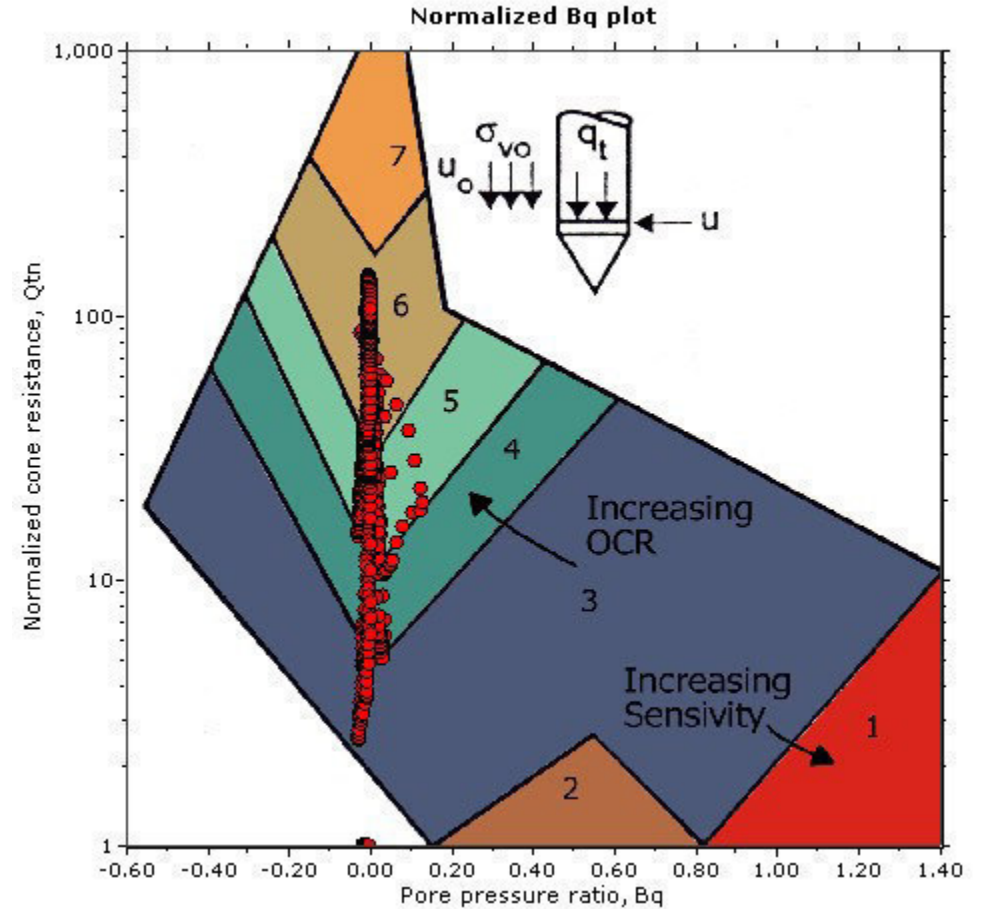
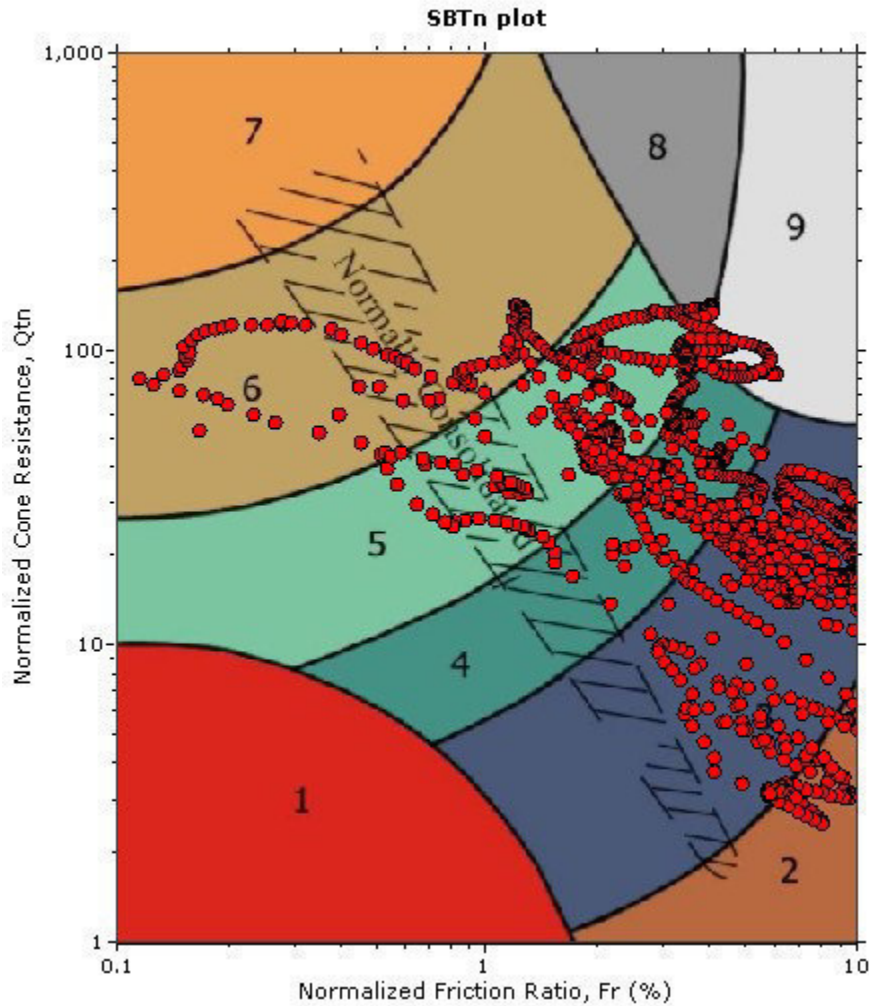


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).





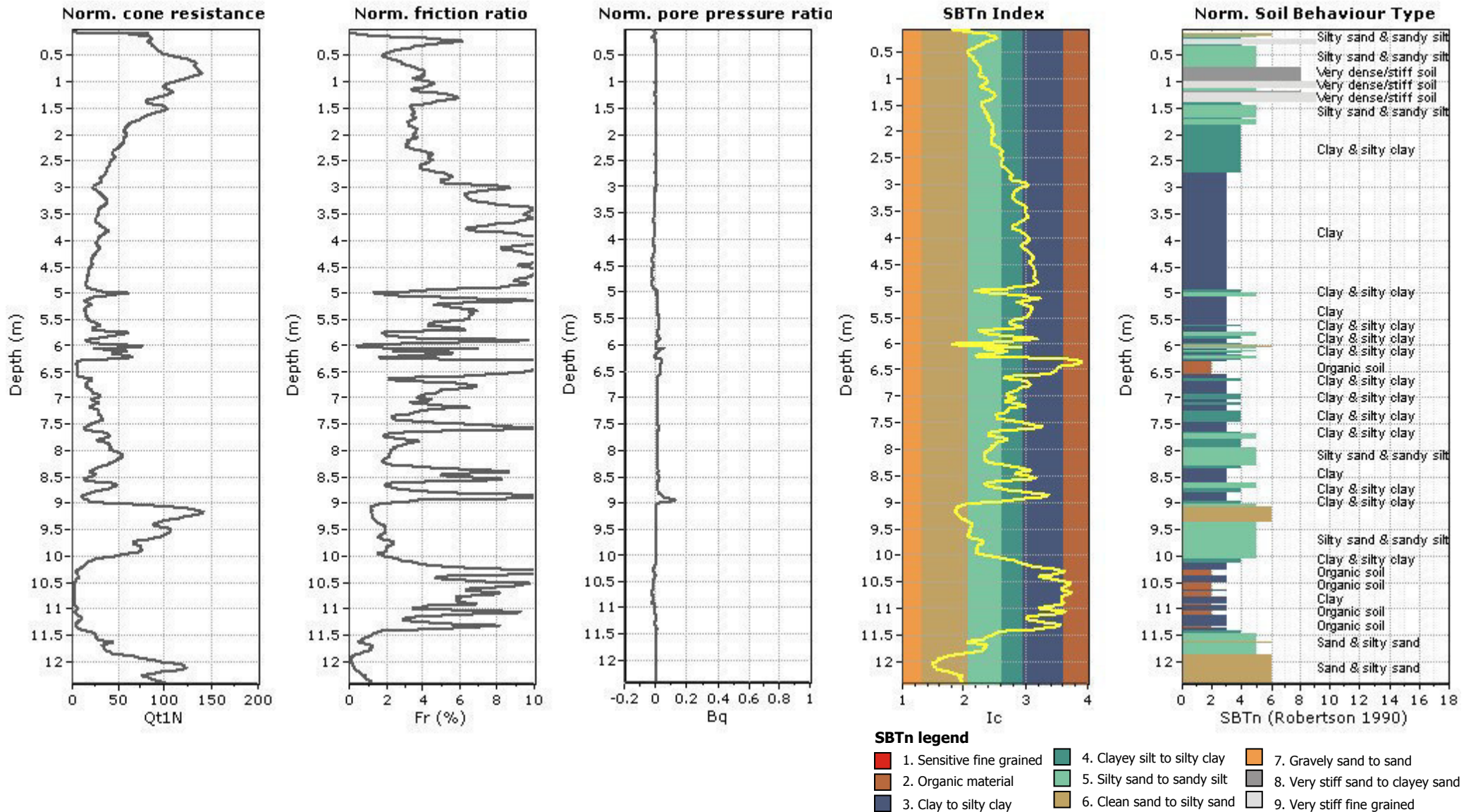
SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

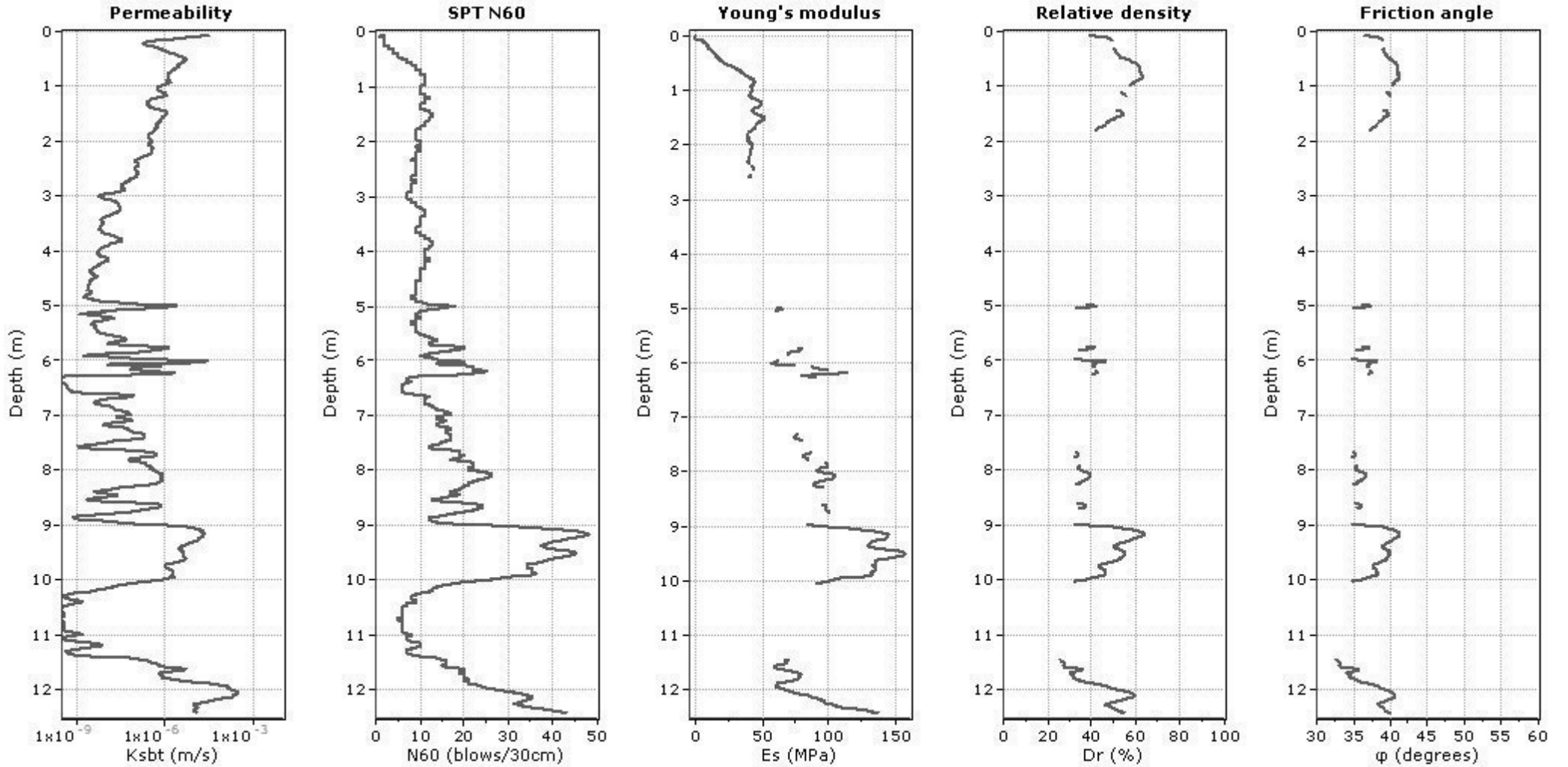
- | | | |
|--|---|---|
| ■ 1. Sensitive fine grained | ■ 4. Clayey silt to silty clay | ■ 7. Gravely sand to sand |
| ■ 2. Organic material | ■ 5. Silty sand to sandy silt | ■ 8. Very stiff sand to clayey sand |
| ■ 3. Clay to silty clay | ■ 6. Clean sand to silty sand | ■ 9. Very stiff fine grained |

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

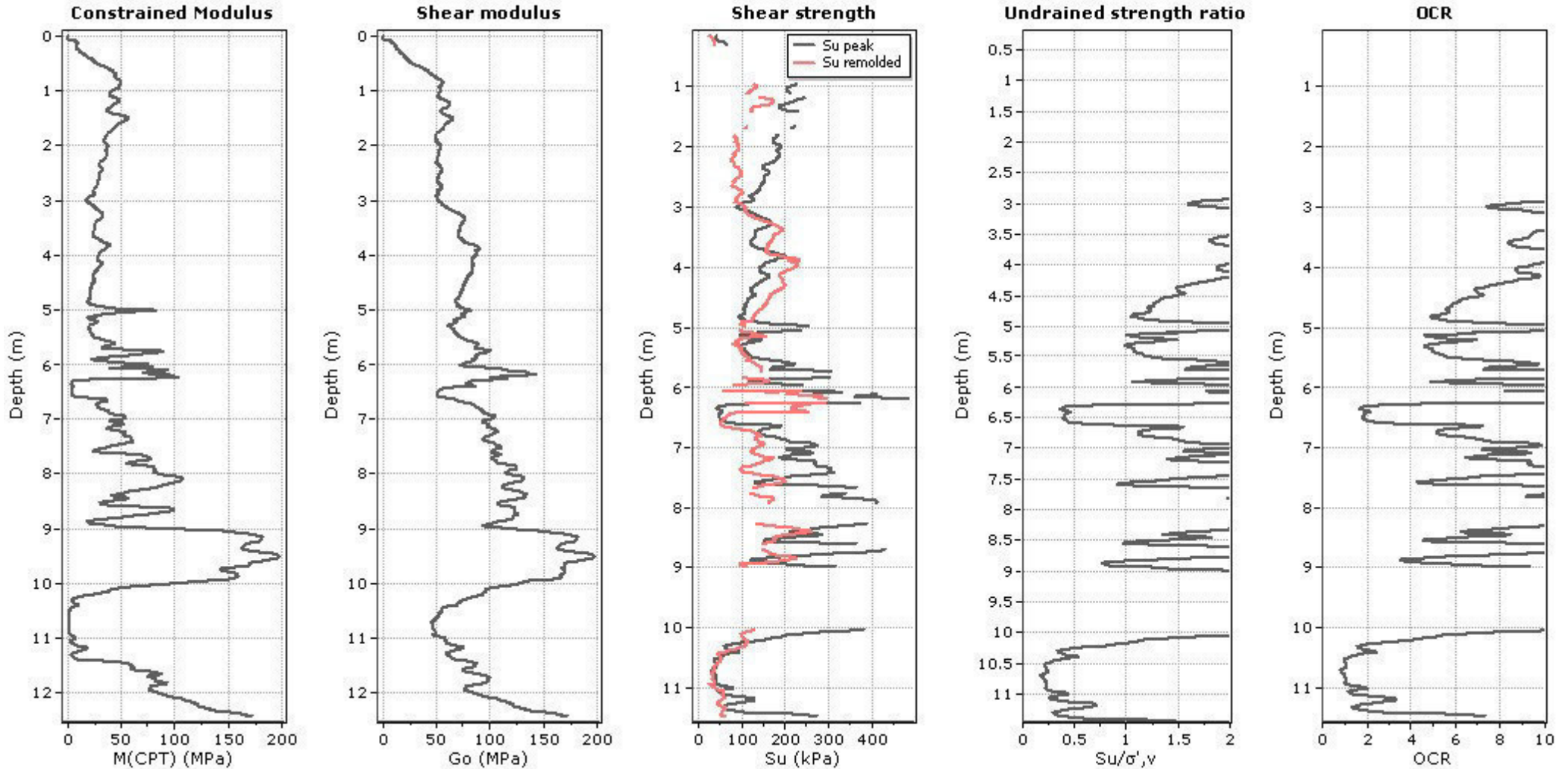
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

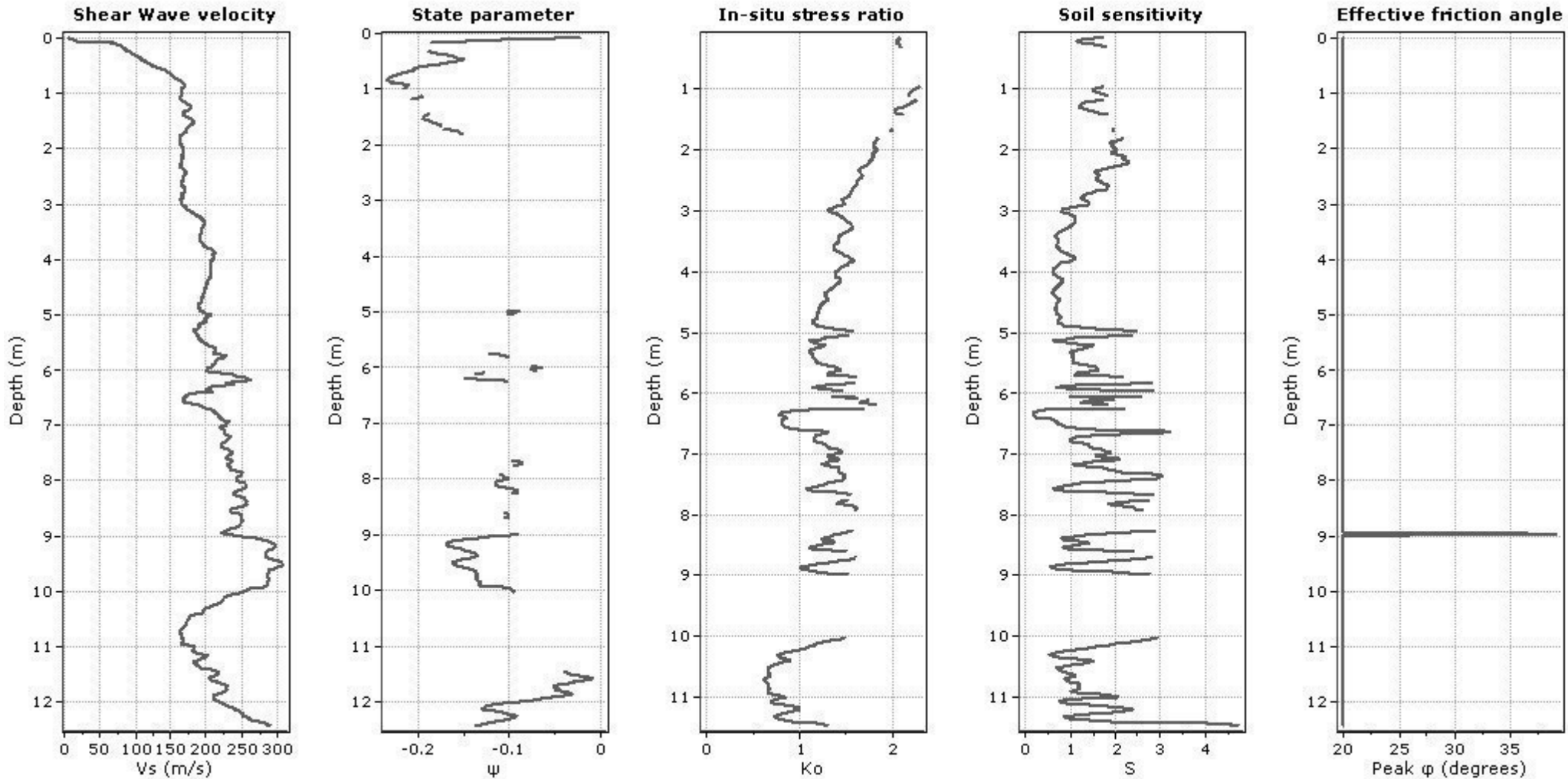
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

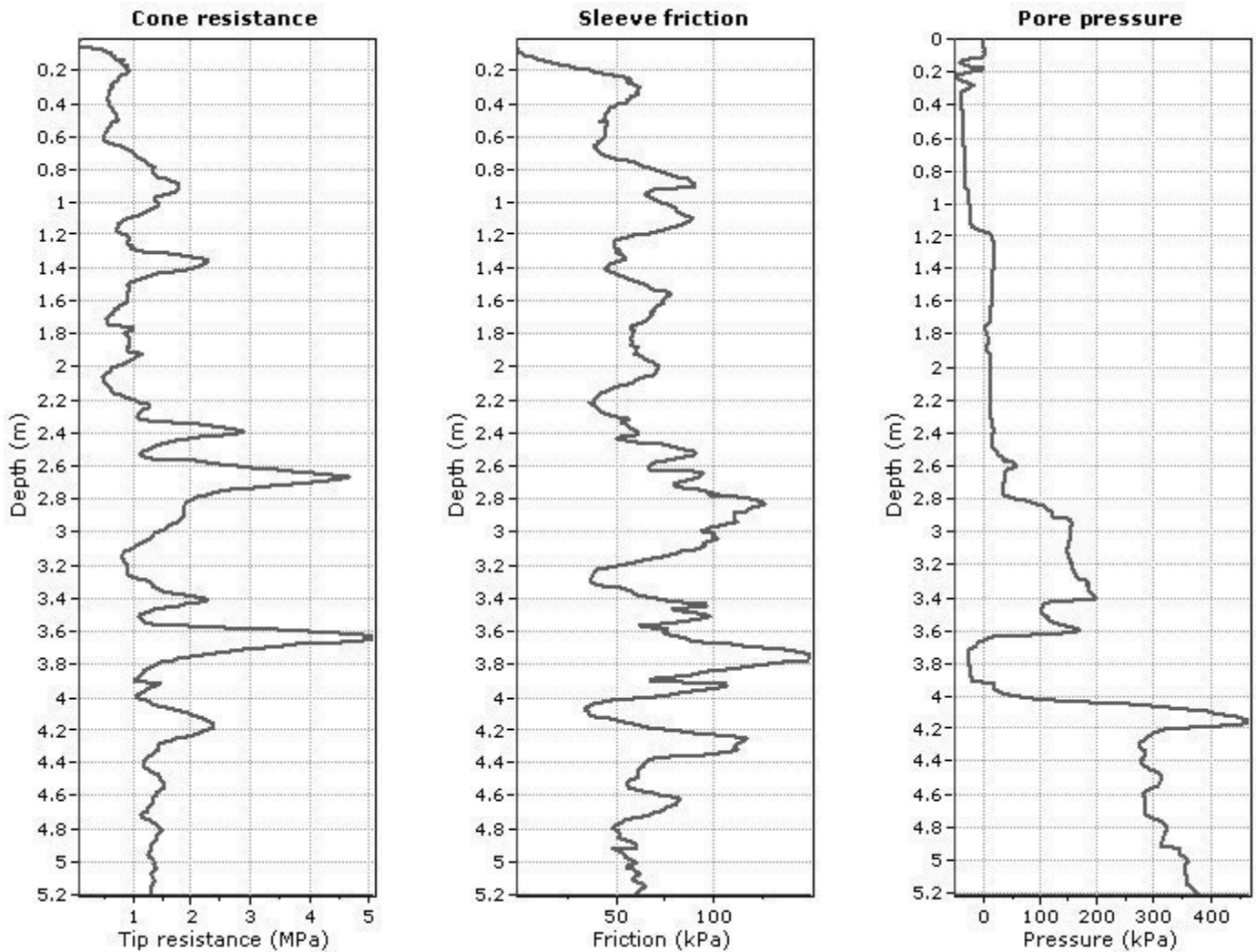


Calculation parameters

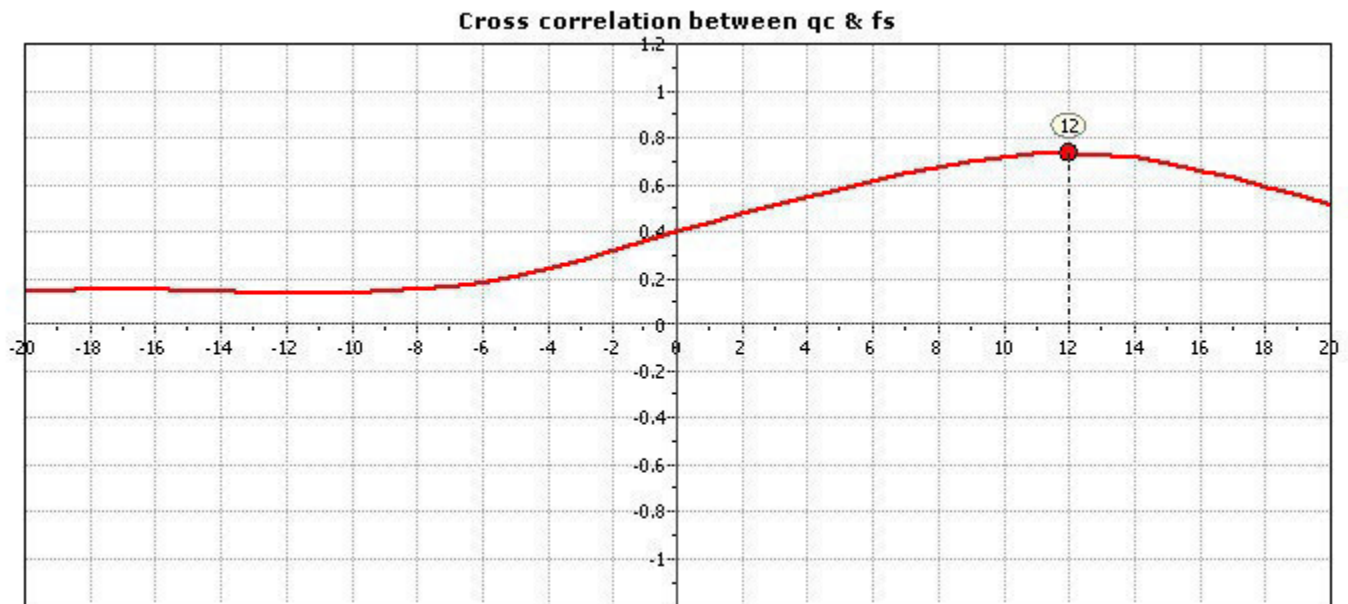
Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



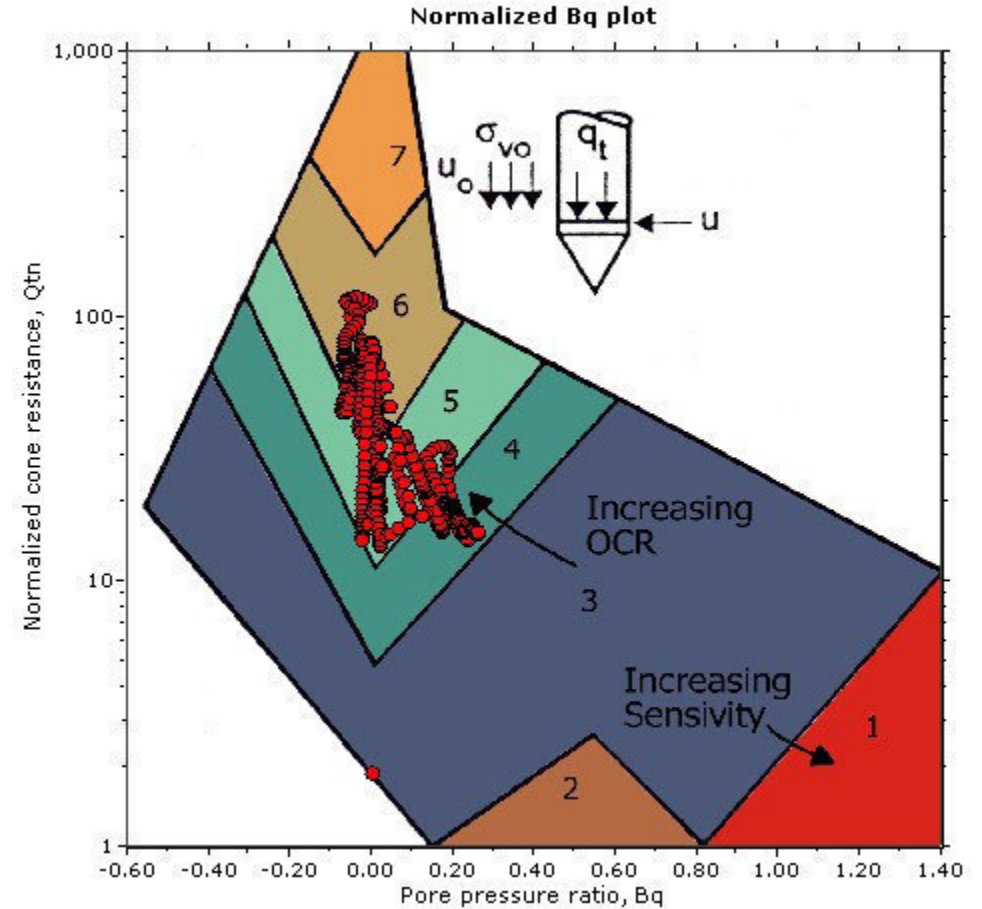
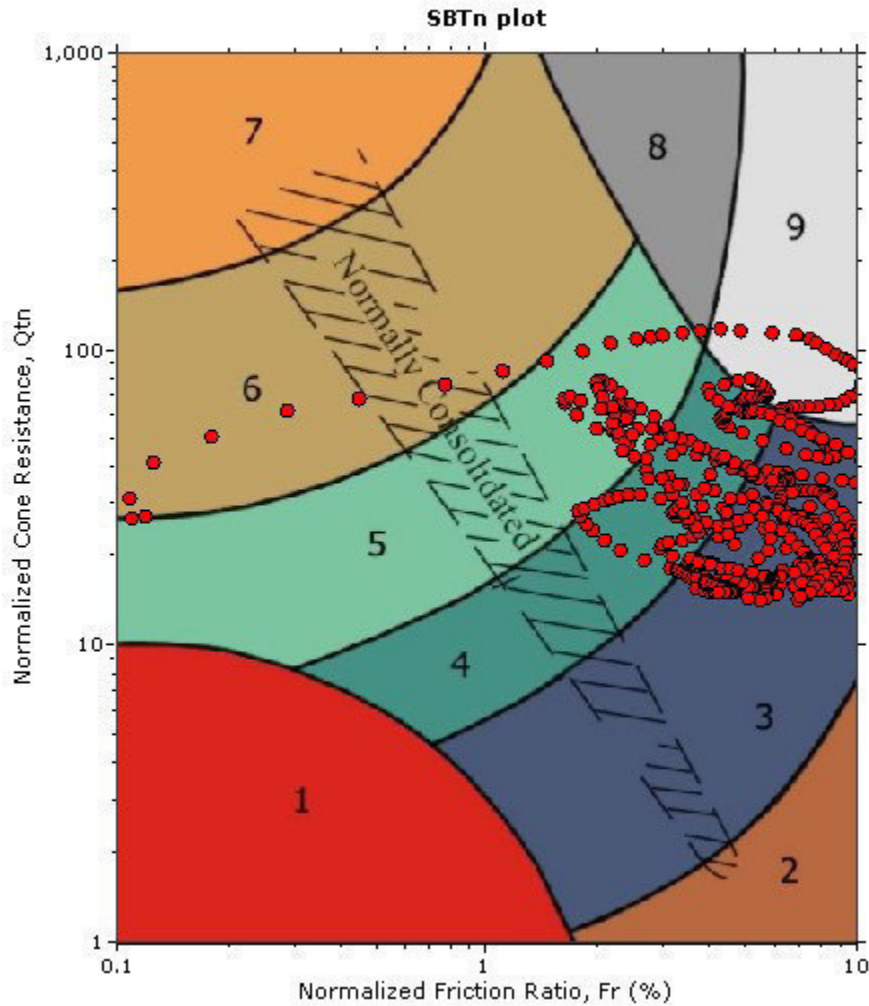
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

SBT - Bq plots (normalized)

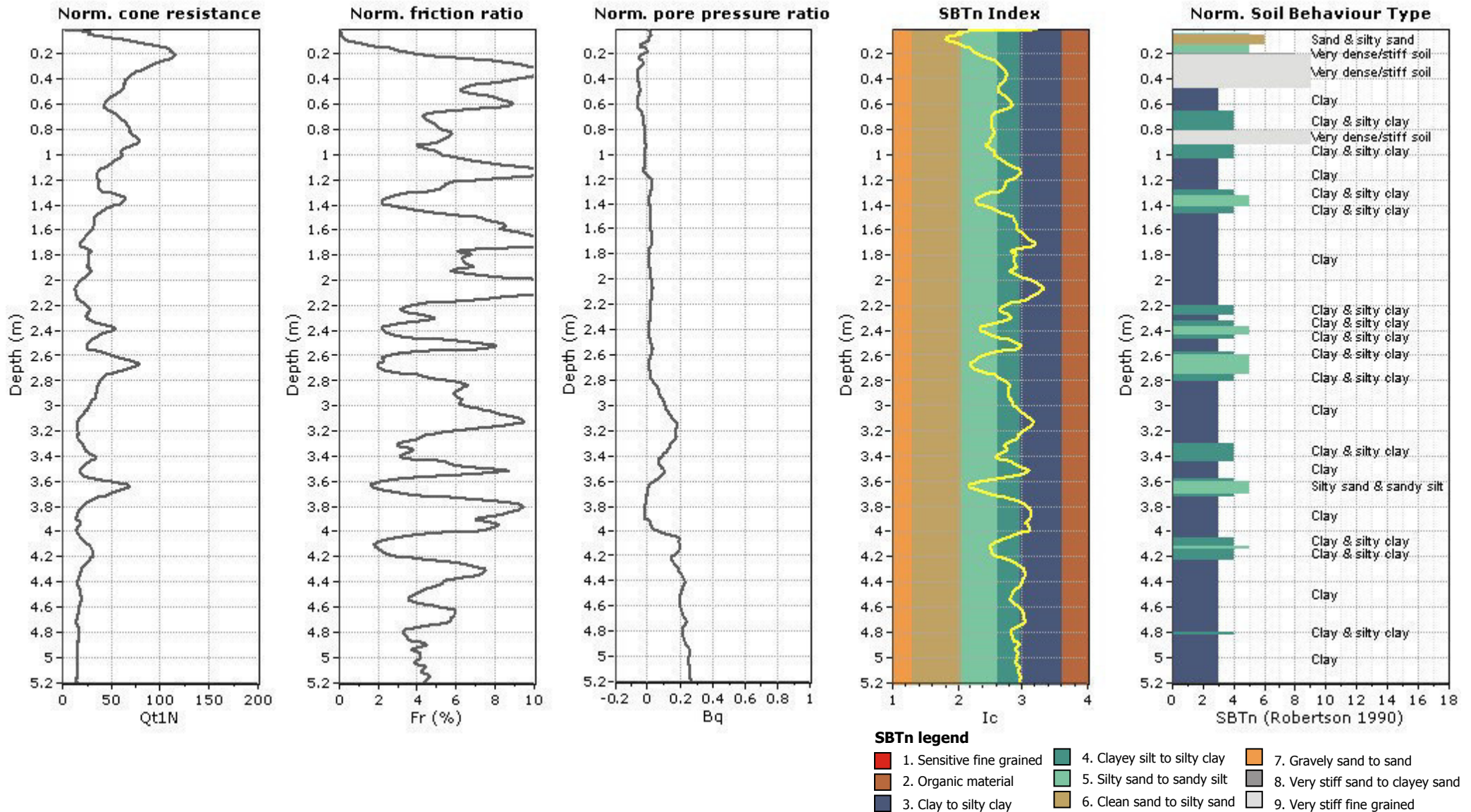


SBTn legend

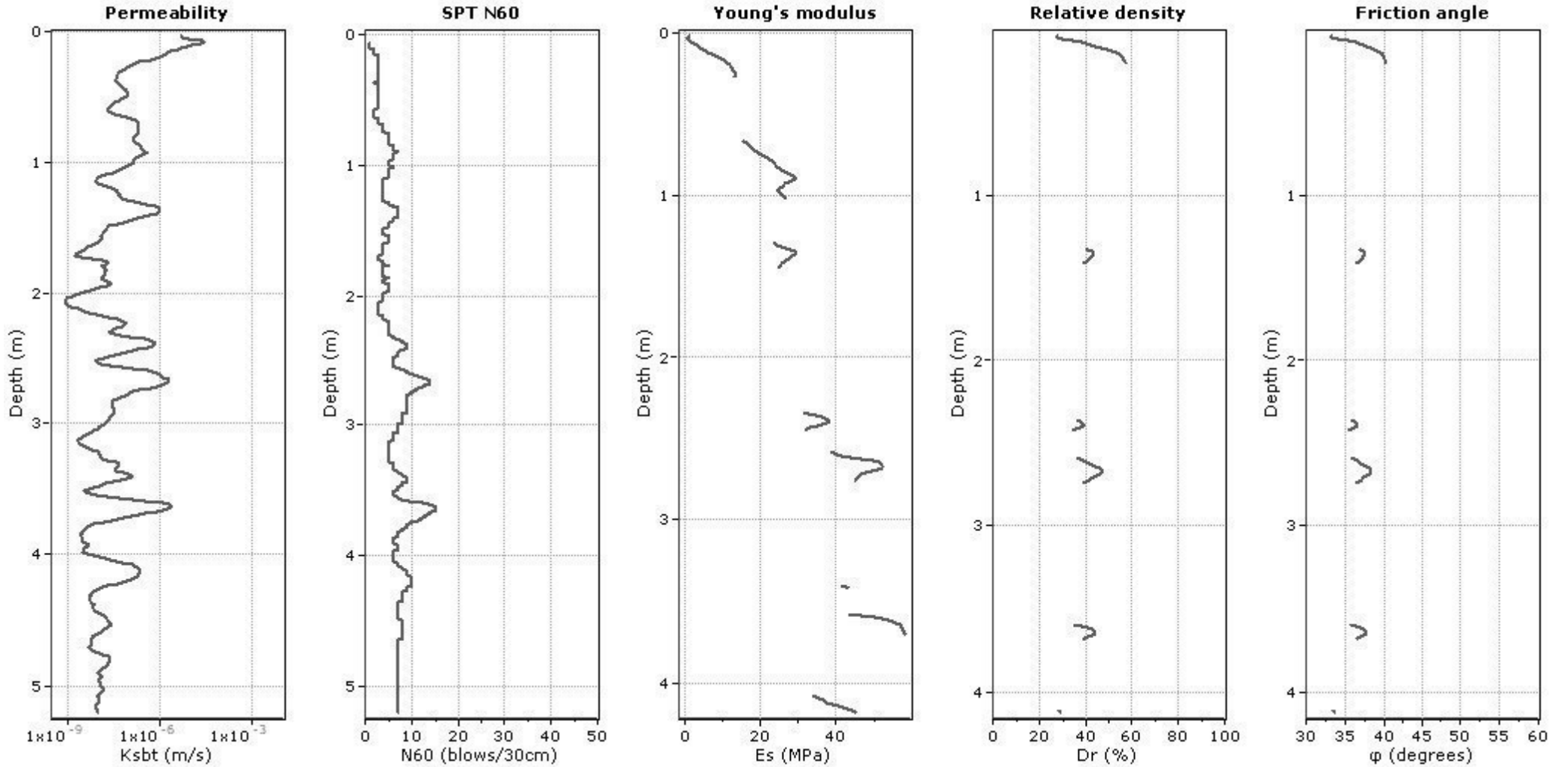
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

CPT: CPTU-07

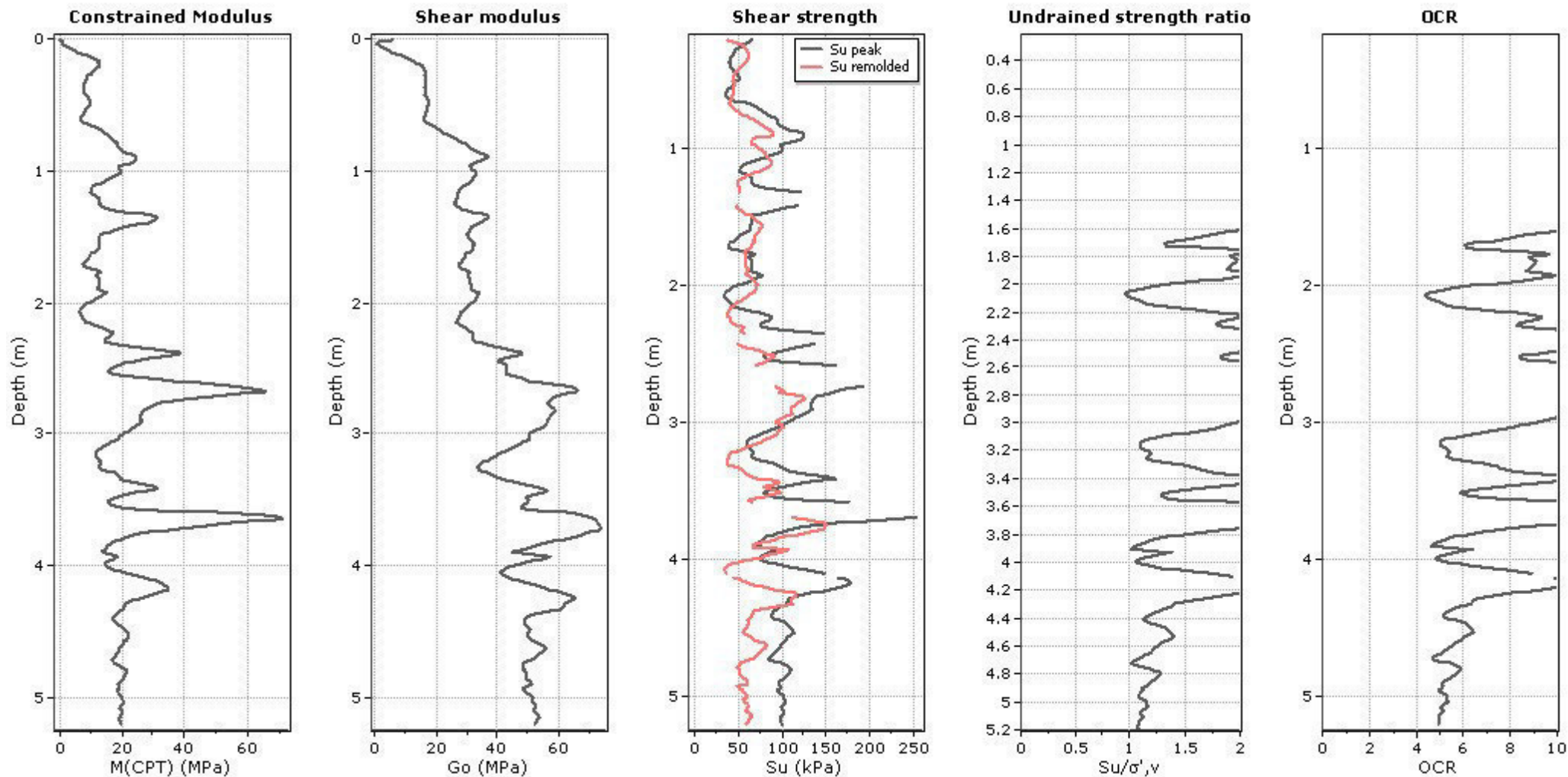
Total depth: 5.20 m, Date: 26/06/2015

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Uknown

Cone Operator: Uknown



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)

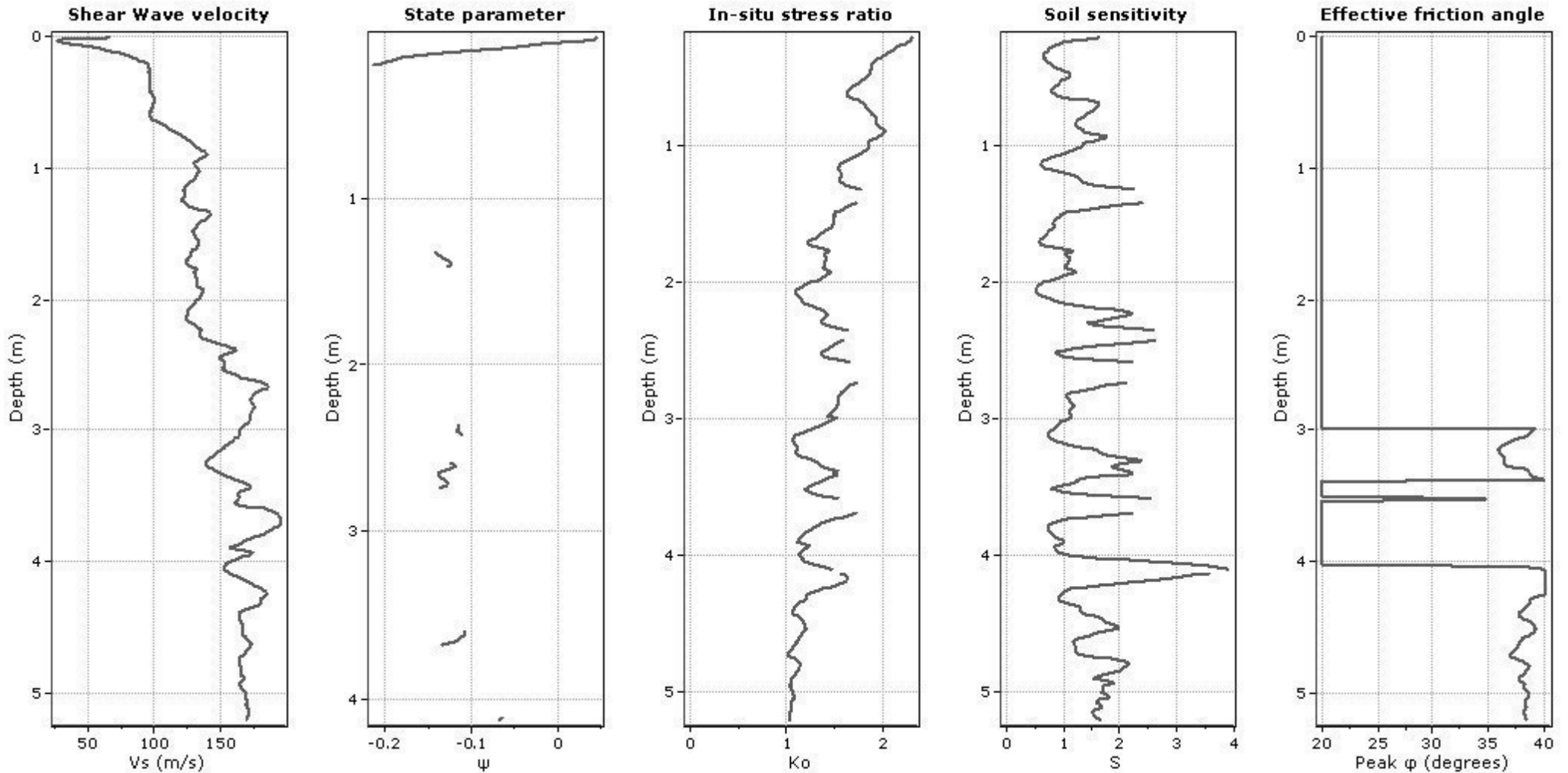
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● — User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



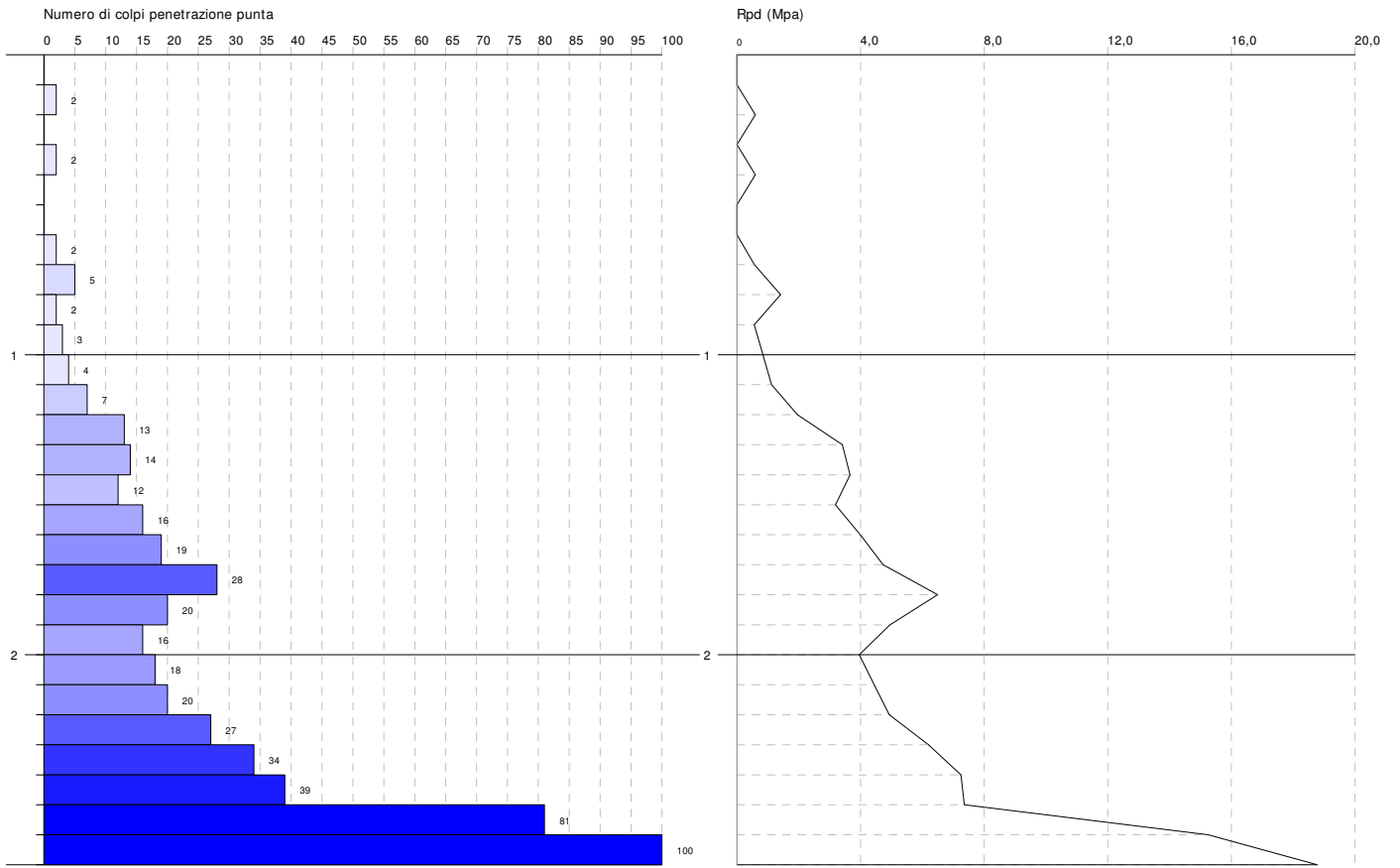
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

● User defined estimation data

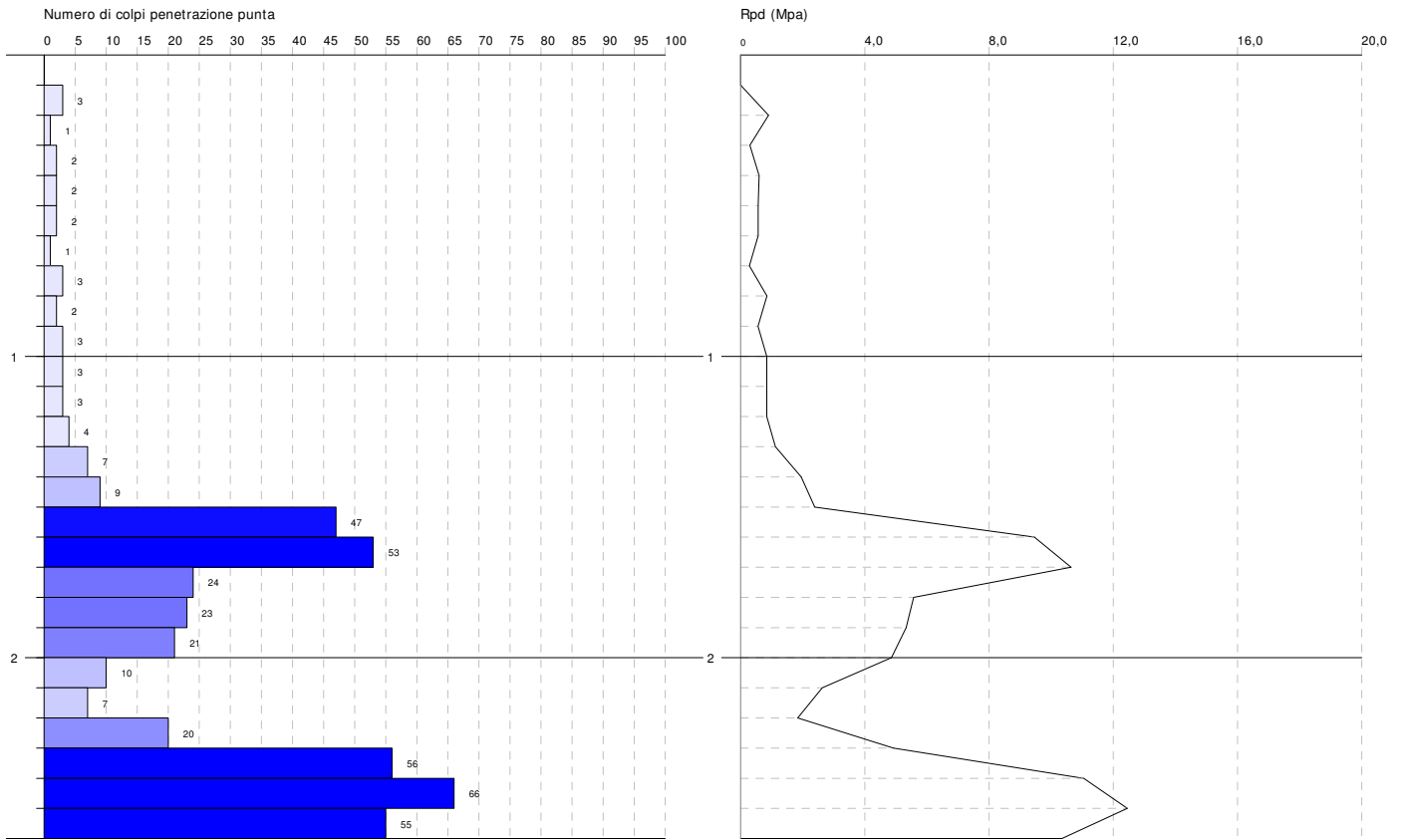
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM-1

| Strato | Prof. (m) | Nspt | Gamma (KN/m³) | Gamma Saturo (KN/m³) | Fi (°) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Mpa) | Modulo Elastico (Mpa) | Modulo Poisson | Modulo G (Mpa) |
|--------|-----------|-------|---------------|----------------------|--------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| 1 | 0,1 | --- | 13,04 | 17,95 | 28 | -- | --- | --- | 0,35 | --- |
| 2 | 0,2 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 3 | 0,3 | --- | 13,04 | 17,95 | 28 | -- | --- | --- | 0,35 | --- |
| 4 | 0,4 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 5 | 0,5 | --- | 13,04 | 17,95 | 28 | -- | --- | --- | 0,35 | --- |
| 6 | 0,6 | --- | 13,04 | 17,95 | 28 | -- | --- | --- | 0,35 | --- |
| 7 | 0,7 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 8 | 0,8 | 3,80 | 13,04 | 17,95 | 29,06 | 23,24 | 1,71 | 3,73 | 0,35 | 22,36 |
| 9 | 0,9 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 10 | 1,0 | 2,28 | 13,04 | 17,95 | 28,64 | 13,93 | 1,03 | 2,24 | 0,35 | 13,83 |
| 11 | 1,1 | 3,04 | 13,04 | 17,95 | 28,85 | 18,63 | 1,37 | 2,98 | 0,35 | 18,13 |
| 12 | 1,2 | 5,33 | 13,83 | 18,44 | 29,49 | 32,66 | 2,40 | 5,23 | 0,34 | 30,73 |
| 13 | 1,3 | 9,89 | 13,83 | 18,44 | 30,77 | 65,51 | 4,45 | 9,70 | 0,33 | 54,94 |
| 14 | 1,4 | 10,65 | 14,71 | 18,93 | 30,98 | 70,51 | 4,79 | 10,44 | 0,33 | 58,90 |
| 15 | 1,5 | 9,13 | 13,83 | 18,44 | 30,56 | 60,41 | 4,11 | 8,95 | 0,34 | 50,97 |
| 16 | 1,6 | 12,18 | 14,71 | 18,93 | 31,41 | 80,61 | 5,48 | 11,94 | 0,33 | 66,83 |
| 17 | 1,7 | 14,46 | 14,71 | 18,93 | 32,05 | 95,71 | 6,51 | 14,18 | 0,33 | 78,52 |
| 18 | 1,8 | 21,31 | 15,59 | 19,52 | 33,97 | 141,02 | 9,59 | 20,90 | 0,31 | 113,06 |
| 19 | 1,9 | 15,22 | 15,10 | 19,22 | 32,26 | 100,71 | 6,85 | 14,93 | 0,32 | 82,40 |
| 20 | 2,0 | 12,18 | 14,71 | 18,93 | 31,41 | 80,61 | 5,48 | 11,94 | 0,33 | 66,83 |
| 21 | 2,1 | 13,70 | 14,71 | 18,93 | 31,84 | 90,71 | 6,16 | 13,44 | 0,33 | 74,64 |
| 22 | 2,2 | 15,22 | 15,10 | 19,22 | 32,26 | 100,71 | 6,85 | 14,93 | 0,32 | 82,40 |
| 23 | 2,3 | 20,55 | 15,59 | 19,52 | 33,75 | 136,02 | 9,25 | 20,15 | 0,31 | 109,26 |
| 24 | 2,4 | 25,87 | 16,08 | 19,81 | 35,24 | 171,22 | 11,64 | 25,37 | 0,3 | 135,66 |
| 25 | 2,5 | 29,68 | 16,08 | 19,81 | 36,31 | 196,43 | 13,35 | 29,11 | 0,3 | 154,37 |
| 26 | 2,6 | 61,64 | 18,44 | 21,28 | 45,26 | 408,05 | 27,73 | 60,45 | 0,23 | 306,84 |
| 27 | 2,7 | 76,10 | 18,93 | 21,57 | 49,31 | 503,77 | 34,24 | 74,63 | 0,2 | 374,06 |



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM-2

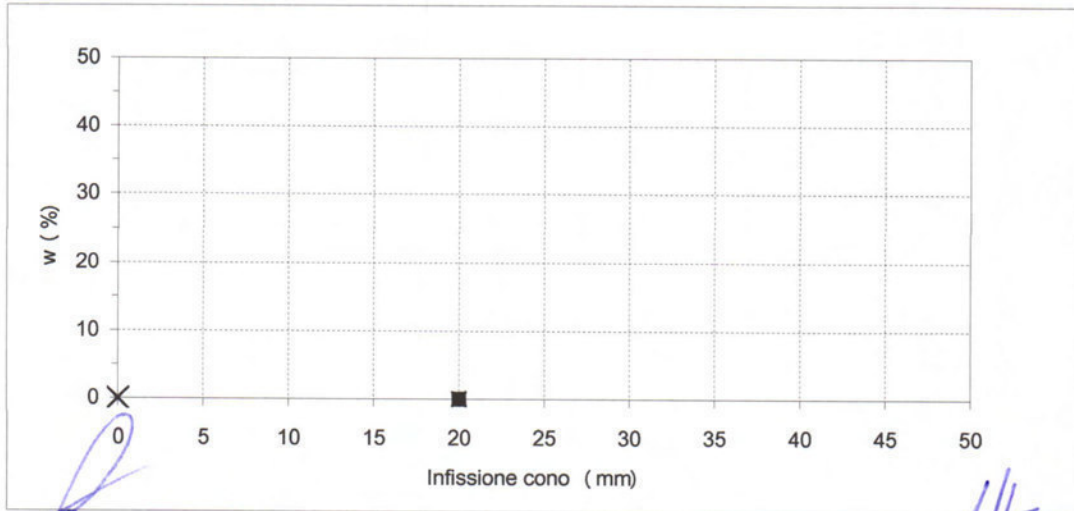
| Strato | Prof. (m) | Nspt | Gamma (KN/m³) | Gamma Saturo (KN/m³) | Fi (°) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Mpa) | Modulo Elastico (Mpa) | Modulo Poisson | Modulo G (Mpa) |
|--------|-----------|-------|---------------|----------------------|--------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| 1 | 0,1 | --- | 13,04 | 17,95 | 28 | -- | --- | --- | 0,35 | --- |
| 2 | 0,2 | 2,28 | 13,04 | 17,95 | 28,64 | 13,93 | 1,03 | 2,24 | 0,35 | 13,83 |
| 3 | 0,3 | 0,76 | 13,04 | 17,95 | 28,21 | 4,61 | 0,34 | 0,75 | 0,35 | 4,92 |
| 4 | 0,4 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 5 | 0,5 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 6 | 0,6 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 7 | 0,7 | 0,76 | 13,04 | 17,95 | 28,21 | 4,61 | 0,34 | 0,75 | 0,35 | 4,92 |
| 8 | 0,8 | 2,28 | 13,04 | 17,95 | 28,64 | 13,93 | 1,03 | 2,24 | 0,35 | 13,83 |
| 9 | 0,9 | 1,52 | 13,04 | 17,95 | 28,43 | 9,32 | 0,68 | 1,49 | 0,35 | 9,45 |
| 10 | 1,0 | 2,28 | 13,04 | 17,95 | 28,64 | 13,93 | 1,03 | 2,24 | 0,35 | 13,83 |
| 11 | 1,1 | 2,28 | 13,04 | 17,95 | 28,64 | 13,93 | 1,03 | 2,24 | 0,35 | 13,83 |
| 12 | 1,2 | 2,28 | 13,04 | 17,95 | 28,64 | 13,93 | 1,03 | 2,24 | 0,35 | 13,83 |
| 13 | 1,3 | 3,04 | 13,04 | 17,95 | 28,85 | 18,63 | 1,37 | 2,98 | 0,35 | 18,13 |
| 14 | 1,4 | 5,33 | 13,83 | 18,44 | 29,49 | 32,66 | 2,40 | 5,23 | 0,34 | 30,73 |
| 15 | 1,5 | 6,85 | 13,83 | 18,44 | 29,92 | 41,97 | 3,08 | 6,72 | 0,34 | 38,90 |
| 16 | 1,6 | 35,77 | 16,97 | 20,40 | 38,02 | 236,73 | 16,09 | 35,08 | 0,28 | 183,97 |
| 17 | 1,7 | 40,33 | 17,36 | 20,59 | 39,29 | 266,94 | 18,15 | 39,55 | 0,27 | 205,93 |
| 18 | 1,8 | 18,26 | 15,10 | 19,22 | 33,11 | 120,92 | 8,22 | 17,91 | 0,32 | 97,78 |
| 19 | 1,9 | 17,50 | 15,10 | 19,22 | 32,9 | 115,82 | 7,87 | 17,16 | 0,32 | 93,95 |
| 20 | 2,0 | 15,98 | 15,10 | 19,22 | 32,47 | 105,81 | 7,19 | 15,67 | 0,32 | 86,26 |
| 21 | 2,1 | 7,61 | 13,83 | 18,44 | 30,13 | 46,68 | 3,42 | 7,46 | 0,34 | 42,95 |
| 22 | 2,2 | 5,33 | 13,83 | 18,44 | 29,49 | 32,66 | 2,40 | 5,23 | 0,34 | 30,73 |
| 23 | 2,3 | 15,22 | 15,10 | 19,22 | 32,26 | 100,71 | 6,85 | 14,93 | 0,32 | 82,40 |
| 24 | 2,4 | 42,62 | 17,36 | 20,59 | 39,93 | 282,14 | 19,18 | 41,80 | 0,27 | 216,91 |
| 25 | 2,5 | 50,23 | 18,14 | 21,08 | 42,06 | 332,54 | 22,60 | 49,26 | 0,25 | 253,13 |
| 26 | 2,6 | 41,85 | 17,36 | 20,59 | 39,72 | 277,04 | 18,83 | 41,04 | 0,27 | 213,22 |





Certificato: 1123 - 15.133 - 001
 Verbale: 1123
 Committente: GEO-NET S.R.L.
 Località: FAENZA (RA)
 Cantiere: -
Sondaggio: CPT6
Campione: C1
Profondità: 2.00 - 2.50
 Data ricevimento: 29/06/2015
 Data inizio prove: 30/06/2015
 Data fine prove: 07/07/2015
 Data certificazione: 08/07/2015
 Data apertura campione: 29/06/2015
 Classe campione: Q4

| | | | | |
|----------------------------------|-------------|---|---|---|
| Penetrazione del cono: | - | - | - | - |
| Massa tara (g): | - | - | - | - |
| Massa Campione umido + tara (g): | - | - | - | - |
| Massa Campione secco + tara (g): | - | - | - | - |
| Umidità (%): | - | - | - | - |
| Limite liquido (%): | N.D. | | | |
| Massa tara (g): | - | | | |
| Massa Campione umido + tara (g): | - | | | |
| Massa Campione secco + tara (g): | - | | | |
| Limite Plastico (%): | N.P. | | | |



Direttore

Sperimentatore

ANALISI GRANULOMETRICA

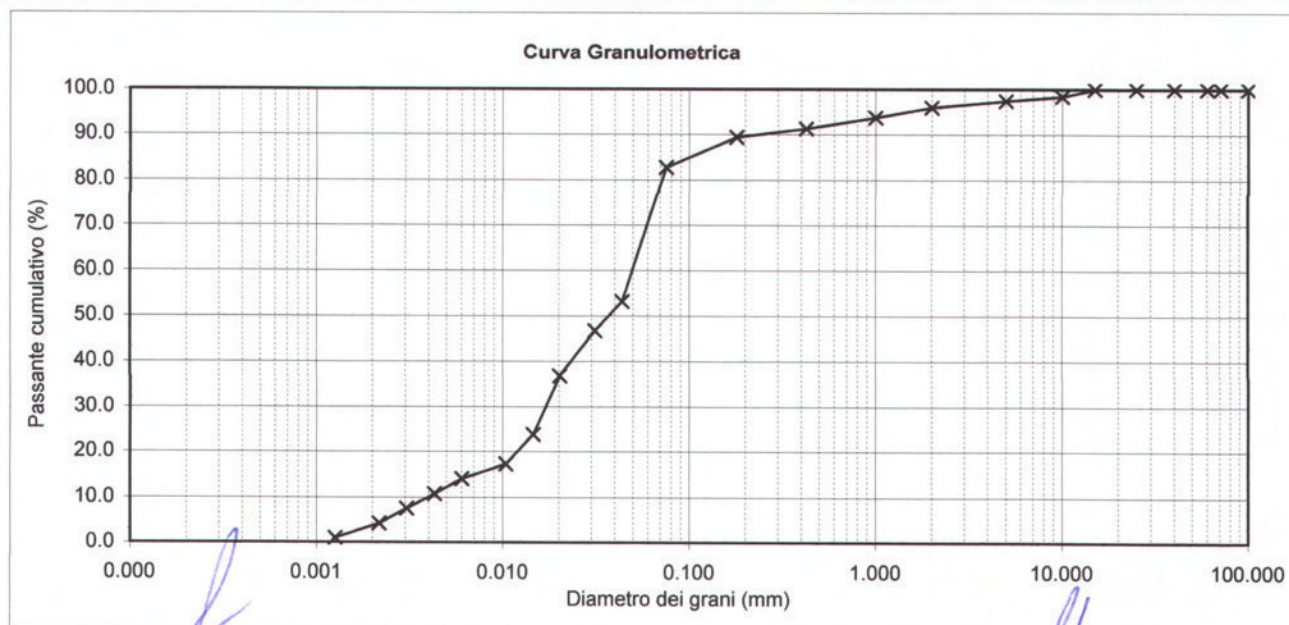
Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Certificato: 1123 - 15.133 - 002
 Verbale: 1123
 Committente: GEO-NET S.R.L.
 Località: FAENZA (RA)
 Cantiere: -
Sondaggio: CPT6
Campione: C1
Profondità: 2.00 - 2.50
 Data ricevimento: 29/06/2015
 Data inizio prove: 30/06/2015
 Data fine prove: 07/07/2015
 Data certificazione: 08/07/2015
 Data apertura campione: 29/06/2015

| SETACCIATURA | | |
|----------------------|----------|--------------|
| Massa Campione (g) | 346.81 | |
| Crivelli/setacc (mm) | Peso (g) | Passante (%) |
| 100 | 0 | 100.00 |
| 71 | 0 | 100.00 |
| 60 | 0 | 100.00 |
| 40 | 0 | 100.00 |
| 25 | 0 | 100.00 |
| 15 | 0 | 100.00 |
| 10 | 5.56 | 98.40 |
| 5 | 3.43 | 97.41 |
| 2 | 5.01 | 95.96 |
| 1 | 8 | 93.66 |
| 0.425 | 8.53 | 91.20 |
| 0.18 | 6.58 | 89.30 |
| 0.075 | 22.65 | 82.77 |

| SEDIMENTAZIONE | | |
|--------------------|---------|--------------|
| Massa Campione (g) | 41.27 | |
| Diametri (mm) | Lecture | Passante (%) |
| 0.044 | 20 | 53.16 |
| 0.031 | 18 | 46.64 |
| 0.020 | 15 | 36.85 |
| 0.015 | 11 | 23.81 |
| 0.010 | 9 | 17.29 |
| 0.006 | 8 | 14.02 |
| 0.004 | 7 | 10.76 |
| 0.0031 | 6 | 7.50 |
| 0.0022 | 5 | 4.24 |
| 0.0013 | 4 | 0.98 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|------|------------|-------|----------|-------|-------------|------|
| Granulometria A.G.I. | Ghiaia (%) | 4.04 | Sabbia (%) | 27.42 | Limo (%) | 64.91 | Argilla (%) | 3.63 |
|-----------------------------|------------|------|------------|-------|----------|-------|-------------|------|



Direttore

Sperimentatore





Taglio Diretto

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Certificato: 1123 - 15.133 - 003
 Verbale: 1123
 Committente: GEO-NET S.R.L.
 Località: FAENZA (RA)
 Cantiere: -
 Sondaggio: CPT6
 Campione: C1
 Profondità: 2.00 - 2.50
 Data ricevimento: 29/06/2015
 Data inizio prove: 30/06/2015
 Data fine prove: 07/07/2015
 Data certificazione: 08/07/2015
 Data apertura campione: 29/06/2015
 Classe del campione: Q4

| | | | | |
|-------------------------------|-------------------|---------|--------|--------|
| Umidità iniziale | % | 18.69 | | |
| Densità naturale iniziale | kg/m ³ | 1787.83 | | |
| Densità secca iniziale | kg/m ³ | 1506.32 | | |
| Provino | n° | 1 | 2 | 3 |
| Lato | mm | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| Altezza iniziale | mm | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Velocità di taglio utilizzata | mm/min | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 |
| Press. Consolidazione | kPa | 100 | 300 | 400 |
| Umidità finale | % | 27.83 | 25.35 | 24.34 |

Studio della consolidazione

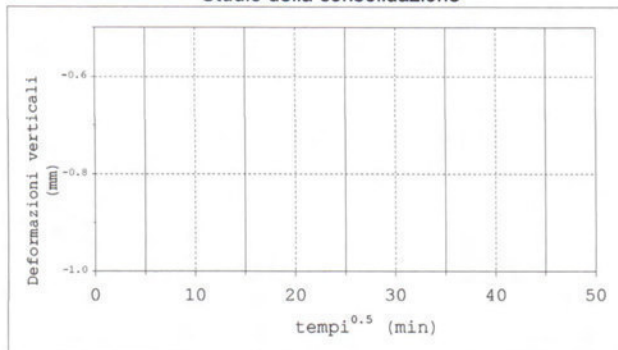
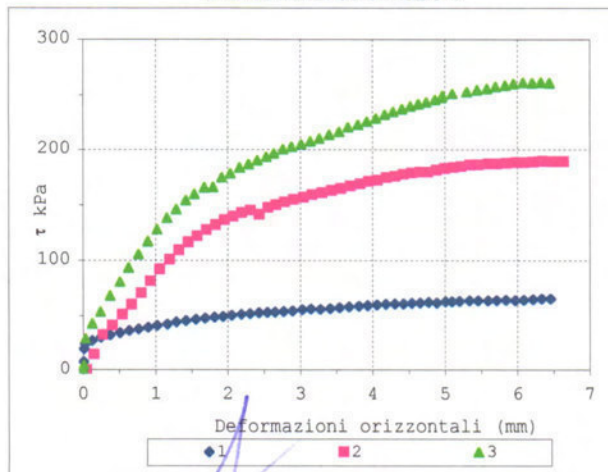


Grafico sforzi/deformazioni



Direttore

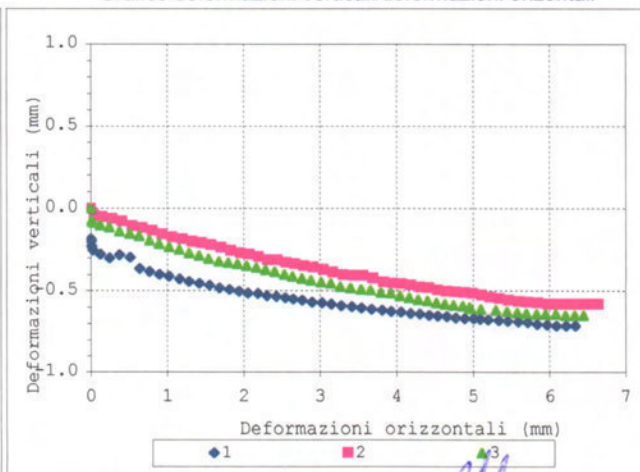
Note:

Limo sabbioso di colore marrone giallastro.

Pocket P. - kg/cm²

Tor V. - kg/cm²

Grafico deformazioni verticali/deformazioni orizzontali



Sperimentatore

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





Taglio Diretto

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Certificato: 1123 - 15.133 - 003

Verbale: 1123

| Consolidazione (0-100 kPa) | |
|----------------------------|---------|
| tempi (sec) | def. Mm |
| 1 | |
| 6 | -0.08 |
| 12 | -0.10 |
| 24 | -0.12 |
| 30 | -0.13 |
| 60 | -0.15 |
| 90 | -0.17 |
| 120 | -0.18 |
| 180 | -0.20 |
| 240 | -0.20 |
| 300 | -0.22 |
| 360 | -0.23 |
| 420 | -0.23 |
| 480 | -0.24 |
| 540 | -0.25 |
| 600 | -0.25 |
| 900 | -0.27 |
| 1200 | -0.28 |
| 1500 | -0.29 |
| 1800 | -0.30 |
| 2100 | -0.31 |
| 2400 | -0.31 |
| 2700 | -0.32 |
| 3000 | -0.32 |
| 3300 | -0.33 |
| 3600 | -0.33 |
| 4200 | -0.34 |
| 4800 | -0.34 |
| 5400 | -0.34 |
| 6000 | -0.34 |
| 7200 | -0.35 |
| 8400 | -0.36 |
| 9600 | -0.37 |
| 10800 | -0.37 |
| 12000 | -0.37 |
| 13200 | -0.37 |
| 14400 | -0.37 |
| 16800 | -0.37 |
| 19200 | -0.37 |
| 21600 | -0.38 |
| 28800 | -0.38 |
| 36000 | -0.39 |
| 45600 | -0.39 |
| 54000 | -0.39 |
| 72000 | -0.40 |
| 79200 | -0.40 |
| 82800 | -0.40 |
| 86400 | -0.40 |

| Provino 1 | | |
|--------------|--------------|--------------|
| def. v. (mm) | def. o. (mm) | taglio (kPa) |
| 0.00 | -0.19 | 7.82 |
| 0.01 | -0.20 | 19.62 |
| 0.03 | -0.23 | 24.21 |
| 0.12 | -0.25 | 27.49 |
| 0.24 | -0.28 | 30.44 |
| 0.37 | -0.30 | 32.74 |
| 0.51 | -0.28 | 34.70 |
| 0.64 | -0.30 | 36.67 |
| 0.77 | -0.36 | 37.98 |
| 0.90 | -0.38 | 39.62 |
| 1.02 | -0.40 | 41.26 |
| 1.16 | -0.41 | 42.57 |
| 1.29 | -0.43 | 44.53 |
| 1.42 | -0.44 | 45.52 |
| 1.55 | -0.45 | 46.83 |
| 1.68 | -0.47 | 47.81 |
| 1.81 | -0.48 | 48.80 |
| 1.94 | -0.49 | 49.45 |
| 2.05 | -0.50 | 50.43 |
| 2.18 | -0.51 | 51.42 |
| 2.30 | -0.52 | 52.07 |
| 2.43 | -0.53 | 52.73 |
| 2.54 | -0.53 | 53.05 |
| 2.65 | -0.54 | 53.38 |
| 2.77 | -0.55 | 54.04 |
| 2.89 | -0.56 | 54.69 |
| 3.02 | -0.57 | 55.68 |
| 3.14 | -0.57 | 56.33 |
| 3.27 | -0.58 | 56.00 |
| 3.41 | -0.59 | 56.66 |
| 3.54 | -0.60 | 57.32 |
| 3.67 | -0.60 | 58.30 |
| 3.81 | -0.61 | 58.95 |
| 3.93 | -0.62 | 59.61 |
| 4.05 | -0.62 | 59.94 |
| 4.18 | -0.63 | 60.59 |
| 4.30 | -0.64 | 60.92 |
| 4.42 | -0.64 | 60.92 |
| 4.54 | -0.65 | 61.57 |
| 4.65 | -0.65 | 61.90 |
| 4.77 | -0.66 | 62.23 |
| 4.89 | -0.66 | 61.90 |
| 5.00 | -0.67 | 62.89 |
| 5.09 | -0.67 | 62.89 |
| 5.20 | -0.67 | 63.21 |
| 5.34 | -0.67 | 63.87 |
| 5.45 | -0.68 | 63.87 |
| 5.59 | -0.68 | 63.87 |
| 5.71 | -0.69 | 64.19 |
| 5.84 | -0.69 | 64.52 |
| 5.97 | -0.70 | 64.19 |
| 6.09 | -0.71 | 64.52 |
| 6.21 | -0.71 | 64.85 |
| 6.34 | -0.71 | 65.51 |
| 6.46 | -0.71 | 65.51 |

| Provino 2 | | |
|--------------|--------------|--------------|
| def. v. (mm) | def. o. (mm) | taglio (kPa) |
| | | 0.28 |
| 0.05 | -0.04 | 14.38 |
| 0.15 | -0.05 | 32.74 |
| 0.27 | -0.06 | 41.26 |
| 0.40 | -0.08 | 51.09 |
| 0.54 | -0.11 | 59.94 |
| 0.67 | -0.12 | 70.42 |
| 0.80 | -0.13 | 81.56 |
| 0.93 | -0.16 | 92.03 |
| 1.06 | -0.17 | 100.87 |
| 1.19 | -0.19 | 109.06 |
| 1.32 | -0.20 | 116.26 |
| 1.45 | -0.21 | 121.82 |
| 1.57 | -0.22 | 127.39 |
| 1.70 | -0.24 | 131.97 |
| 1.83 | -0.26 | 136.22 |
| 1.96 | -0.27 | 139.50 |
| 2.08 | -0.28 | 142.77 |
| 2.19 | -0.29 | 145.06 |
| 2.31 | -0.31 | 141.13 |
| 2.44 | -0.31 | 147.67 |
| 2.56 | -0.33 | 149.96 |
| 2.67 | -0.34 | 152.58 |
| 2.78 | -0.35 | 154.87 |
| 2.91 | -0.36 | 156.83 |
| 3.04 | -0.37 | 159.12 |
| 3.17 | -0.39 | 160.76 |
| 3.30 | -0.40 | 162.72 |
| 3.43 | -0.41 | 164.88 |
| 3.56 | -0.41 | 166.97 |
| 3.69 | -0.42 | 168.94 |
| 3.83 | -0.45 | 171.23 |
| 3.95 | -0.45 | 172.21 |
| 4.06 | -0.46 | 174.49 |
| 4.19 | -0.47 | 175.48 |
| 4.31 | -0.48 | 177.44 |
| 4.43 | -0.48 | 178.74 |
| 4.54 | -0.49 | 179.72 |
| 4.66 | -0.50 | 179.72 |
| 4.77 | -0.51 | 181.36 |
| 4.89 | -0.51 | 182.67 |
| 5.00 | -0.52 | 183.65 |
| 5.12 | -0.52 | 184.63 |
| 5.22 | -0.54 | 185.94 |
| 5.34 | -0.54 | 186.27 |
| 5.47 | -0.56 | 187.25 |
| 5.60 | -0.56 | 187.25 |
| 5.72 | -0.57 | 187.57 |
| 5.85 | -0.57 | 188.23 |
| 5.97 | -0.58 | 188.23 |
| 6.10 | -0.58 | 188.88 |
| 6.22 | -0.58 | 189.53 |
| 6.34 | -0.58 | 189.21 |
| 6.47 | -0.58 | 189.21 |
| 6.55 | -0.58 | 189.21 |
| 6.64 | -0.58 | 188.88 |

| Provino 3 | | |
|--------------|--------------|--------------|
| def. v. (mm) | def. o. (mm) | taglio (kPa) |
| 0.01 | -0.07 | 4.54 |
| 0.03 | -0.09 | 29.13 |
| 0.12 | -0.10 | 42.90 |
| 0.24 | -0.11 | 53.71 |
| 0.37 | -0.14 | 66.12 |
| 0.51 | -0.15 | 80.90 |
| 0.63 | -0.17 | 93.67 |
| 0.77 | -0.19 | 105.79 |
| 0.89 | -0.21 | 117.24 |
| 1.02 | -0.23 | 128.04 |
| 1.16 | -0.25 | 138.19 |
| 1.29 | -0.27 | 146.04 |
| 1.42 | -0.28 | 154.22 |
| 1.54 | -0.30 | 159.78 |
| 1.67 | -0.32 | 165.66 |
| 1.79 | -0.33 | 165.99 |
| 1.92 | -0.34 | 174.82 |
| 2.04 | -0.35 | 178.42 |
| 2.16 | -0.36 | 183.65 |
| 2.29 | -0.37 | 186.92 |
| 2.40 | -0.38 | 190.19 |
| 2.53 | -0.40 | 193.46 |
| 2.64 | -0.41 | 196.72 |
| 2.76 | -0.42 | 200.32 |
| 2.88 | -0.43 | 202.61 |
| 3.01 | -0.45 | 204.90 |
| 3.14 | -0.45 | 207.51 |
| 3.26 | -0.47 | 210.12 |
| 3.40 | -0.48 | 213.72 |
| 3.53 | -0.49 | 216.33 |
| 3.66 | -0.49 | 220.58 |
| 3.79 | -0.51 | 222.87 |
| 3.92 | -0.51 | 225.81 |
| 4.04 | -0.53 | 228.75 |
| 4.17 | -0.54 | 232.02 |
| 4.28 | -0.55 | 234.63 |
| 4.40 | -0.56 | 237.24 |
| 4.52 | -0.57 | 239.53 |
| 4.63 | -0.58 | 241.82 |
| 4.74 | -0.58 | 243.45 |
| 4.86 | -0.59 | 245.73 |
| 4.95 | -0.60 | 247.70 |
| 4.97 | -0.61 | 249.33 |
| 5.10 | -0.61 | 251.29 |
| 5.30 | -0.62 | 252.92 |
| 5.44 | -0.62 | 254.55 |
| 5.58 | -0.63 | 255.86 |
| 5.70 | -0.64 | 257.49 |
| 5.83 | -0.64 | 258.80 |
| 5.95 | -0.64 | 260.10 |
| 6.08 | -0.64 | 261.41 |
| 6.21 | -0.65 | 261.08 |
| 6.32 | -0.65 | 261.74 |
| 6.44 | -0.65 | 261.08 |

Direttore

Sperimentatore

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



(IOP DE 3,5 - MOD PROD 11 B31)

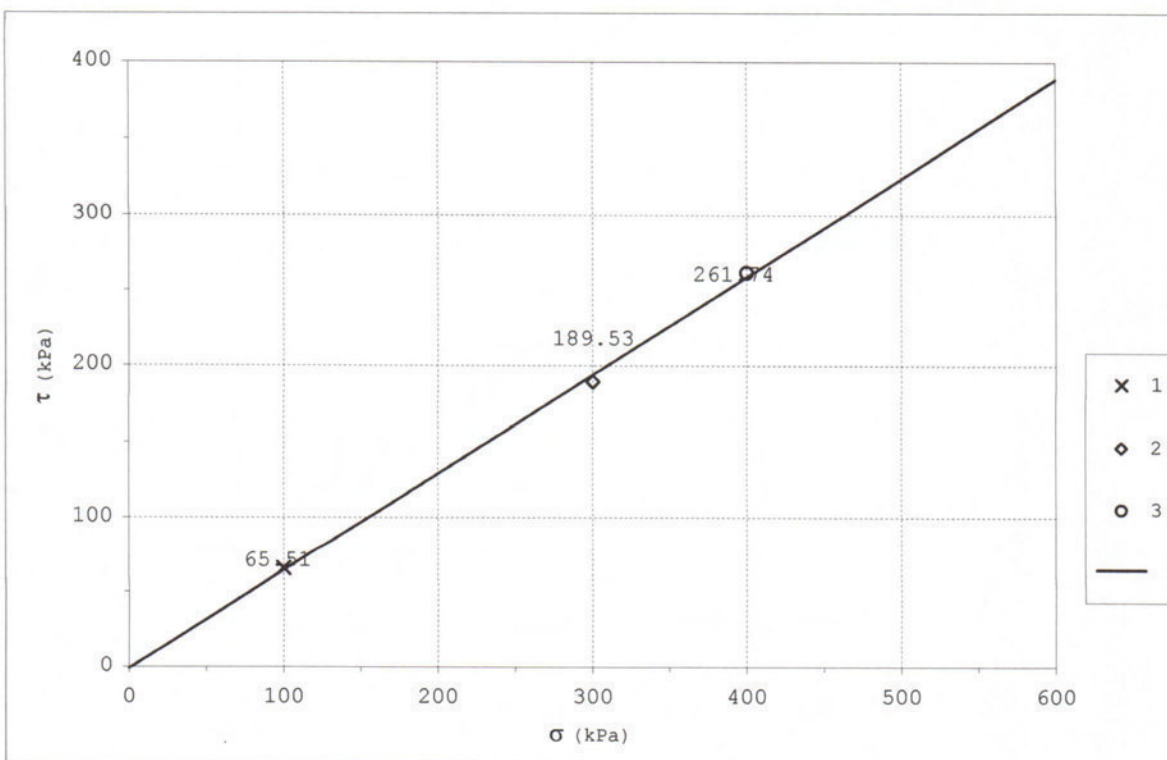
Committente: **GEO-NET S.R.L.**
 Località: **FAENZA (RA)**
 Cantiere: **-**

Sondaggio: **CPT6**
 Campione: **C1**
 Profondità: **2.00 - 2.50**

REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

| | | |
|------------------|-------|----|
| Lato | 60.00 | mm |
| Altezza iniziale | 20.00 | mm |

| Valori dei provini a rottura | | | | |
|------------------------------|--------|--------|---------|---------|
| Provino | n° | 1 | 2 | 3 |
| Sforzo a rottura | kPa | 65.505 | 189.534 | 261.736 |
| intercetta C' | KPa | - | | |
| ϕ' | ° sess | 32.99 | | |





GEOTECA s.r.l.

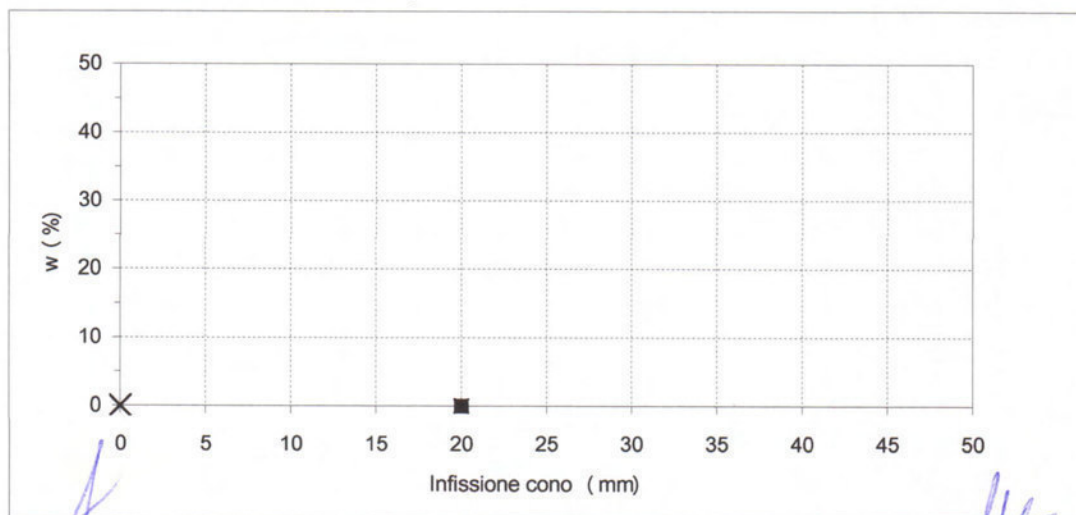
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO
9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI
PUBBLICI - SETTORE TERRE.

LIMITI

Normativa di riferimento: ASTM D4318-10

Certificato: 1123 - 15.133 - 004
Verbale: 1123
Committente: GEO-NET S.R.L.
Località: FAENZA (RA)
Cantiere: -
Sondaggio: CPT7
Campione: C2
Profondità: 2.00 - 2.50
Data ricevimento: 29/06/2015
Data inizio prove: 30/06/2015
Data fine prove: 07/07/2015
Data certificazione: 08/07/2015
Data apertura campione: 29/06/2015
Classe campione: Q4

| | | | |
|----------------------------------|-------------|---|---|
| Penetrazione del cono: | - | - | - |
| Massa tara (g): | - | - | - |
| Massa Campione umido + tara (g): | - | - | - |
| Massa Campione secco + tara (g): | - | - | - |
| Umidità (%): | - | - | - |
| Limite liquido (%): | N.D. | | |
| Massa tara (g): | - | | |
| Massa Campione umido + tara (g): | - | | |
| Massa Campione secco + tara (g): | - | | |
| Limite Plastico (%): | N.P. | | |



Direttore

Sperimentatore

40068 San Lazzaro di Savena (BO) Via della Tecnica 57/A4
Tel 051 6255377 Fax 051 4998378
Autorizzazione del Consiglio dei Lavori Pubblici - SETTORE TERRE

(IOP DE 3,5 - MOD PROD 11 B21)



ANALISI GRANULOMETRICA

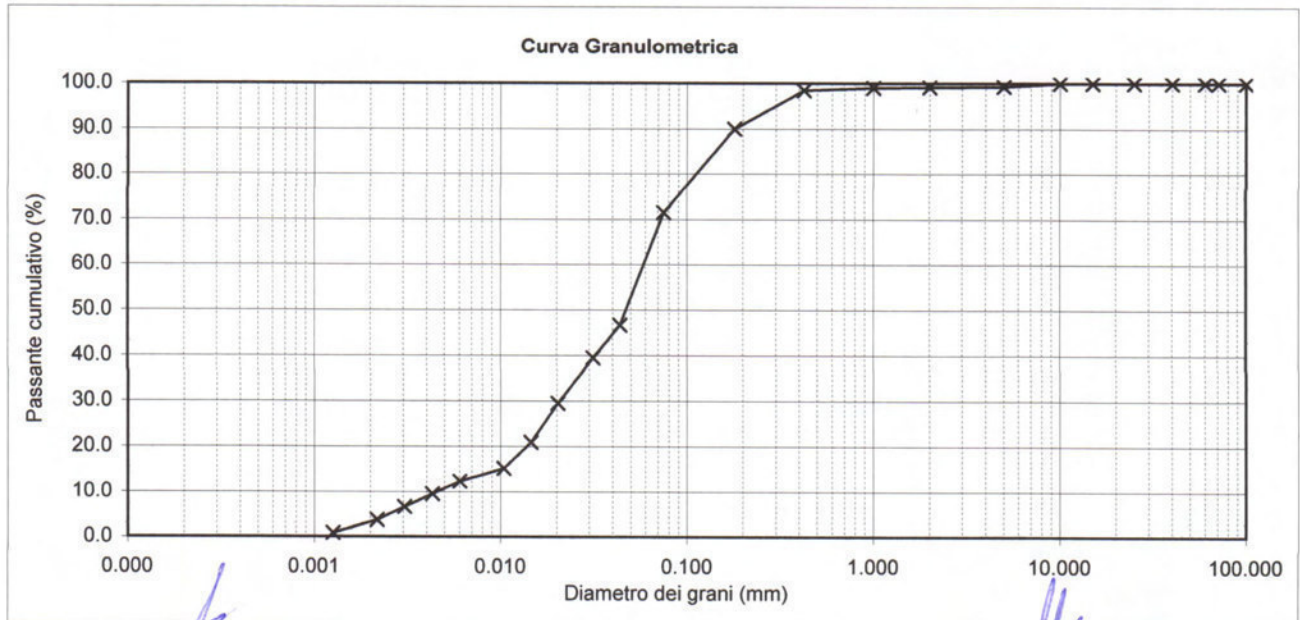
Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Certificato: 1123 - 15.133 - 005
 Verbale: 1123
 Committente: GEO-NET S.R.L.
 Località: FAENZA (RA)
 Cantiere: -
Sondaggio: CPT7
Campione: C2
Profondità: 2.00 - 2.50
 Data ricevimento: 29/06/2015
 Data inizio prove: 30/06/2015
 Data fine prove: 07/07/2015
 Data certificazione: 08/07/2015
 Data apertura campione: 29/06/2015

| SETACCIATURA | | |
|----------------------|----------|--------------|
| Massa Campione (g) | 418.97 | |
| Crivelli/setacc (mm) | Peso (g) | Passante (%) |
| 100 | 0 | 100.00 |
| 71 | 0 | 100.00 |
| 60 | 0 | 100.00 |
| 40 | 0 | 100.00 |
| 25 | 0 | 100.00 |
| 15 | 0 | 100.00 |
| 10 | 0 | 100.00 |
| 5 | 2.89 | 99.31 |
| 2 | 0.52 | 99.19 |
| 1 | 0.77 | 99.00 |
| 0.425 | 2.27 | 98.46 |
| 0.18 | 35.53 | 89.98 |
| 0.075 | 77.32 | 71.53 |

| SEDIMENTAZIONE | | |
|--------------------|---------|--------------|
| Massa Campione (g) | 40.63 | |
| Diametri (mm) | Letture | Passante (%) |
| 0.044 | 20 | 46.66 |
| 0.031 | 17.5 | 39.51 |
| 0.020 | 14 | 29.49 |
| 0.015 | 11 | 20.90 |
| 0.010 | 9 | 15.17 |
| 0.006 | 8 | 12.31 |
| 0.004 | 7 | 9.45 |
| 0.0031 | 6 | 6.58 |
| 0.0022 | 5 | 3.72 |
| 0.0013 | 4 | 0.86 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|------|------------|-------|----------|-------|-------------|------|
| Granulometria A.G.I. | Ghiaia (%) | 0.81 | Sabbia (%) | 39.60 | Limo (%) | 56.40 | Argilla (%) | 3.18 |
|-----------------------------|------------|------|------------|-------|----------|-------|-------------|------|



Direttore

Spesimentatore





Taglio Diretto

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Certificato: 1123 - 15.133 - 006
 Verbale: 1123
 Committente: GEO-NET S.R.L.
 Località: FAENZA (RA)
 Cantiere: -
 Sondaggio: CPT7
 Campione: C2
 Profondità: 2.00 - 2.50
 Data ricevimento: 29/06/2015
 Data inizio prove: 30/06/2015
 Data fine prove: 07/07/2015
 Data certificazione: 08/07/2015
 Data apertura campione: 29/06/2015
 Classe del campione: Q4

| | | | | |
|-------------------------------|-------------------|---------|--------|--------|
| Umidità iniziale | % | 26.92 | | |
| Densità naturale iniziale | kg/m ³ | 1678.98 | | |
| Densità secca iniziale | kg/m ³ | 1322.90 | | |
| Provino | n° | 1 | 2 | 3 |
| Lato | mm | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| Altezza iniziale | mm | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Velocità di taglio utilizzata | mm/min | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 |
| Press. Consolidazione | kPa | 100 | 200 | 400 |
| Umidità finale | % | 28.94 | 27.57 | 24.1 |

Studio della consolidazione

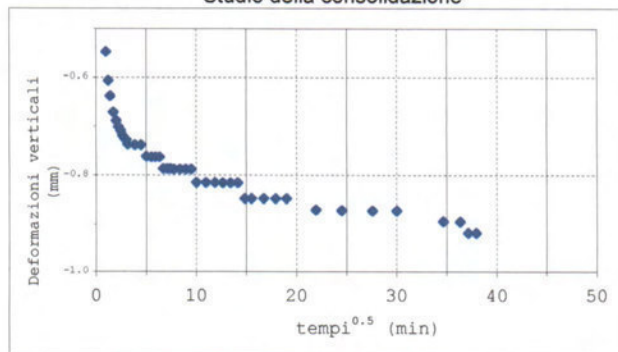
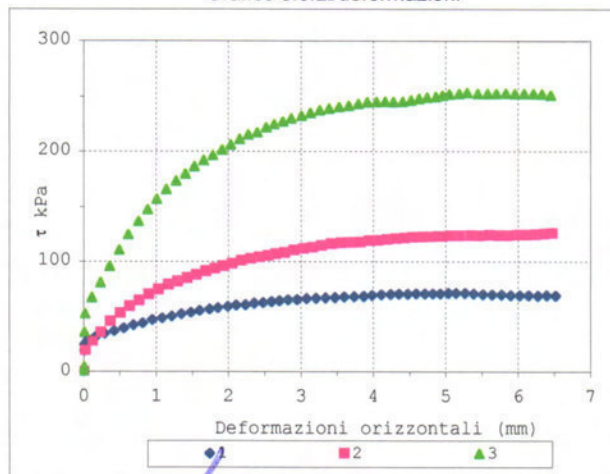


Grafico sforzi/deformazioni



Direttore

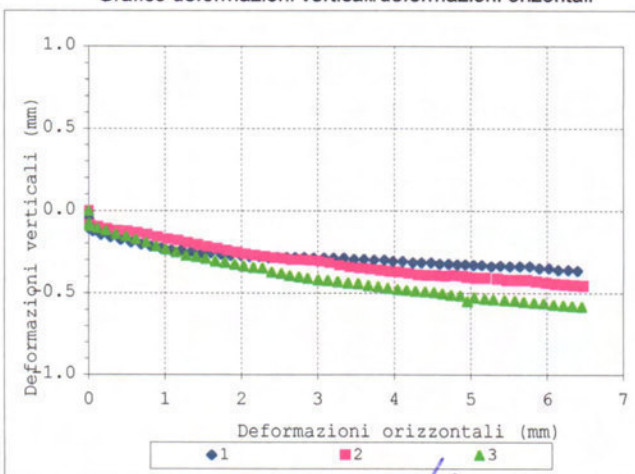
Note:

Limo sabbioso di colore marrone giallastro.

Pocket P. - kg/cm²

Tor V. - kg/cm²

Grafico deformazioni verticali/deformazioni orizzontali



Sperimentatore

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





| Consolidazione (0-100 kPa) | |
|----------------------------|---------|
| tempi (sec) | def. Mm |
| 1 | |
| 6 | -0.05 |
| 12 | -0.19 |
| 24 | -0.36 |
| 30 | -0.41 |
| 60 | -0.55 |
| 90 | -0.61 |
| 120 | -0.64 |
| 180 | -0.67 |
| 240 | -0.69 |
| 300 | -0.70 |
| 360 | -0.71 |
| 420 | -0.72 |
| 480 | -0.72 |
| 540 | -0.73 |
| 600 | -0.74 |
| 900 | -0.74 |
| 1200 | -0.74 |
| 1500 | -0.76 |
| 1800 | -0.76 |
| 2100 | -0.76 |
| 2400 | -0.76 |
| 2700 | -0.79 |
| 3000 | -0.79 |
| 3300 | -0.79 |
| 3600 | -0.79 |
| 4200 | -0.79 |
| 4800 | -0.79 |
| 5400 | -0.79 |
| 6000 | -0.81 |
| 7200 | -0.81 |
| 8400 | -0.81 |
| 9600 | -0.82 |
| 10800 | -0.82 |
| 12000 | -0.82 |
| 13200 | -0.85 |
| 14400 | -0.85 |
| 16800 | -0.85 |
| 19200 | -0.85 |
| 21600 | -0.85 |
| 28800 | -0.87 |
| 36000 | -0.87 |
| 45600 | -0.87 |
| 54000 | -0.87 |
| 72000 | -0.89 |
| 79200 | -0.89 |
| 82800 | -0.92 |
| 86400 | -0.92 |

| Provino 1 | | |
|--------------|--------------|--------------|
| def. v. (mm) | def. o. (mm) | taglio (kPa) |
| 0.00 | -0.05 | 12.41 |
| 0.00 | -0.06 | 19.30 |
| 0.00 | -0.08 | 24.87 |
| 0.05 | -0.11 | 29.13 |
| 0.16 | -0.13 | 32.08 |
| 0.29 | -0.15 | 35.36 |
| 0.42 | -0.16 | 37.65 |
| 0.55 | -0.18 | 40.28 |
| 0.69 | -0.19 | 42.90 |
| 0.81 | -0.21 | 44.86 |
| 0.95 | -0.22 | 47.81 |
| 1.08 | -0.23 | 49.45 |
| 1.21 | -0.24 | 51.09 |
| 1.35 | -0.24 | 53.05 |
| 1.48 | -0.25 | 54.69 |
| 1.60 | -0.26 | 56.33 |
| 1.73 | -0.26 | 57.64 |
| 1.86 | -0.26 | 58.95 |
| 1.99 | -0.27 | 59.94 |
| 2.10 | -0.27 | 61.25 |
| 2.23 | -0.28 | 61.57 |
| 2.35 | -0.28 | 62.89 |
| 2.48 | -0.29 | 63.54 |
| 2.59 | -0.28 | 64.52 |
| 2.70 | -0.28 | 65.18 |
| 2.82 | -0.28 | 66.16 |
| 2.95 | -0.28 | 66.49 |
| 3.08 | -0.29 | 67.14 |
| 3.20 | -0.29 | 67.47 |
| 3.34 | -0.29 | 67.80 |
| 3.47 | -0.29 | 68.12 |
| 3.60 | -0.30 | 68.78 |
| 3.73 | -0.30 | 69.11 |
| 3.87 | -0.30 | 69.44 |
| 3.98 | -0.30 | 70.09 |
| 4.11 | -0.31 | 70.75 |
| 4.24 | -0.31 | 71.07 |
| 4.35 | -0.32 | 71.40 |
| 4.48 | -0.32 | 71.40 |
| 4.59 | -0.32 | 71.73 |
| 4.71 | -0.32 | 71.73 |
| 4.82 | -0.32 | 71.73 |
| 4.93 | -0.33 | 71.73 |
| 5.03 | -0.33 | 72.06 |
| 5.14 | -0.33 | 72.06 |
| 5.27 | -0.33 | 72.06 |
| 5.39 | -0.34 | 71.73 |
| 5.51 | -0.34 | 71.07 |
| 5.64 | -0.34 | 70.75 |
| 5.77 | -0.34 | 70.75 |
| 5.90 | -0.34 | 70.09 |
| 6.02 | -0.35 | 70.09 |
| 6.14 | -0.35 | 70.09 |
| 6.27 | -0.36 | 69.76 |
| 6.39 | -0.36 | 70.09 |
| 6.52 | -0.36 | 69.76 |

| Provino 2 | | |
|--------------|--------------|--------------|
| def. v. (mm) | def. o. (mm) | taglio (kPa) |
| 0.00 | -0.08 | 19.82 |
| 0.02 | -0.09 | 28.15 |
| 0.12 | -0.10 | 36.01 |
| 0.24 | -0.11 | 46.17 |
| 0.37 | -0.12 | 53.71 |
| 0.51 | -0.13 | 59.94 |
| 0.64 | -0.13 | 65.18 |
| 0.77 | -0.15 | 70.75 |
| 0.90 | -0.16 | 75.00 |
| 1.03 | -0.17 | 79.26 |
| 1.17 | -0.18 | 82.21 |
| 1.30 | -0.20 | 85.16 |
| 1.43 | -0.21 | 88.11 |
| 1.55 | -0.22 | 91.38 |
| 1.69 | -0.23 | 93.67 |
| 1.81 | -0.24 | 95.96 |
| 1.94 | -0.26 | 98.26 |
| 2.05 | -0.26 | 100.87 |
| 2.18 | -0.27 | 102.51 |
| 2.31 | -0.28 | 103.82 |
| 2.43 | -0.29 | 105.46 |
| 2.55 | -0.29 | 106.77 |
| 2.65 | -0.30 | 108.08 |
| 2.78 | -0.30 | 110.37 |
| 2.90 | -0.30 | 111.68 |
| 3.04 | -0.31 | 112.99 |
| 3.16 | -0.32 | 114.62 |
| 3.29 | -0.33 | 115.93 |
| 3.43 | -0.34 | 116.92 |
| 3.56 | -0.35 | 117.24 |
| 3.69 | -0.36 | 117.57 |
| 3.82 | -0.36 | 118.88 |
| 3.94 | -0.37 | 119.21 |
| 4.06 | -0.37 | 120.19 |
| 4.19 | -0.38 | 120.84 |
| 4.31 | -0.39 | 121.50 |
| 4.43 | -0.39 | 122.15 |
| 4.55 | -0.39 | 122.48 |
| 4.66 | -0.40 | 122.81 |
| 4.78 | -0.39 | 123.13 |
| 4.90 | -0.40 | 123.13 |
| 4.95 | -0.41 | 123.46 |
| 5.07 | -0.41 | 123.46 |
| 5.19 | -0.41 | 123.79 |
| 5.35 | -0.41 | 123.46 |
| 5.48 | -0.42 | 124.12 |
| 5.61 | -0.42 | 123.79 |
| 5.73 | -0.42 | 123.79 |
| 5.86 | -0.43 | 124.44 |
| 5.99 | -0.44 | 124.44 |
| 6.11 | -0.45 | 124.77 |
| 6.23 | -0.45 | 125.43 |
| 6.35 | -0.45 | 125.75 |
| 6.48 | -0.46 | 125.43 |

| Provino 3 | | |
|--------------|--------------|--------------|
| def. v. (mm) | def. o. (mm) | taglio (kPa) |
| 0.00 | -0.07 | 4.61 |
| 0.01 | -0.08 | 36.34 |
| 0.02 | -0.09 | 53.28 |
| 0.11 | -0.11 | 68.06 |
| 0.23 | -0.12 | 81.39 |
| 0.36 | -0.14 | 95.80 |
| 0.49 | -0.16 | 110.57 |
| 0.61 | -0.17 | 124.61 |
| 0.75 | -0.19 | 136.85 |
| 0.88 | -0.22 | 147.64 |
| 1.01 | -0.24 | 157.00 |
| 1.14 | -0.25 | 165.63 |
| 1.27 | -0.27 | 173.54 |
| 1.40 | -0.28 | 180.02 |
| 1.53 | -0.29 | 186.49 |
| 1.66 | -0.31 | 191.89 |
| 1.78 | -0.32 | 196.56 |
| 1.91 | -0.33 | 201.60 |
| 2.03 | -0.34 | 206.27 |
| 2.16 | -0.35 | 211.30 |
| 2.27 | -0.35 | 215.26 |
| 2.40 | -0.37 | 217.41 |
| 2.52 | -0.38 | 222.08 |
| 2.63 | -0.39 | 224.96 |
| 2.75 | -0.40 | 227.47 |
| 2.87 | -0.41 | 230.35 |
| 3.00 | -0.42 | 232.87 |
| 3.13 | -0.42 | 235.38 |
| 3.26 | -0.43 | 237.89 |
| 3.39 | -0.44 | 239.33 |
| 3.53 | -0.44 | 240.77 |
| 3.66 | -0.45 | 241.85 |
| 3.79 | -0.46 | 243.64 |
| 3.91 | -0.47 | 245.08 |
| 4.04 | -0.48 | 245.44 |
| 4.16 | -0.48 | 245.80 |
| 4.28 | -0.49 | 245.44 |
| 4.40 | -0.49 | 245.80 |
| 4.52 | -0.49 | 246.88 |
| 4.63 | -0.50 | 248.32 |
| 4.74 | -0.51 | 249.39 |
| 4.86 | -0.51 | 250.11 |
| 4.96 | -0.55 | 251.19 |
| 5.05 | -0.52 | 252.27 |
| 5.18 | -0.53 | 252.98 |
| 5.30 | -0.54 | 253.70 |
| 5.44 | -0.54 | 252.98 |
| 5.58 | -0.54 | 252.98 |
| 5.70 | -0.55 | 252.98 |
| 5.83 | -0.56 | 253.34 |
| 5.95 | -0.56 | 252.98 |
| 6.08 | -0.57 | 252.98 |
| 6.21 | -0.57 | 252.98 |
| 6.33 | -0.58 | 252.63 |
| 6.45 | -0.58 | 251.55 |

Direttore

Sperimentatore

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



(IOP DE 3,5 - MOD PROD 11 B31)

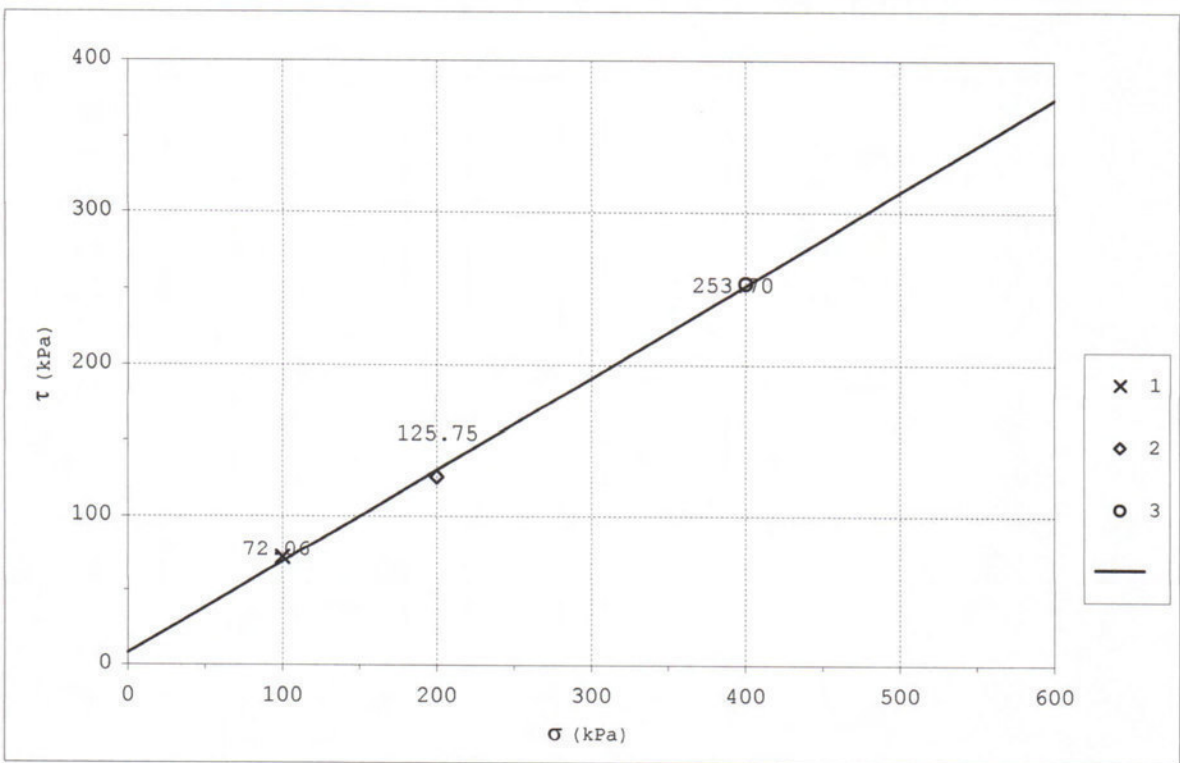
Committente: **GEO-NET S.R.L.**
 Località: **FAENZA (RA)**
 Cantiere: **-**

Sondaggio: **CPT7**
 Campione: **C2**
 Profondità: **2.00 - 2.50**

REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

| | | |
|------------------|-------|----|
| Lato | 60.00 | mm |
| Altezza iniziale | 20.00 | mm |

| Valori dei provini a rottura | | | | |
|------------------------------|--------|--------------|---------|---------|
| Provino | n° | 1 | 2 | 3 |
| Sforzo a rottura | kPa | 72.056 | 125.752 | 253.703 |
| intercetta C' | KPa | 8.08 | | |
| ϕ' | ° sess | 31.40 | | |



INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE PRESSO LA SP16 “VIA MARZENO”, COMUNE DI FAENZA (RA)

Nell’ambito della campagna di indagini condotta nel quadro del progetto di realizzazione di una nuova pista ciclabile in adiacenza alla SP16 “via Marzeno”, in Comune di Faenza (RA), sono state realizzate due indagini geofisiche in corrispondenza di due distinte aree situate in prossimità del succitato asse viario.

- Una prima indagine geofisica è stata realizzata presso l’**Area di Indagine 1**, ubicata circa m. 100 a SSW dell’intersezione tra la SP16 (in questo tratto denominata “via Don Giovanni Verità”) e la via San Martino, in Comune di Faenza.
- Una seconda indagine geofisica è stata condotta presso l’**Area di Indagine 3**, situata in adiacenza all’intersezione tra la SP16 ed il Rio Tombarelle.

Presso ciascuno dei due siti è stata realizzata un’indagine in array con metodologia Re.Mi, integrata da un’indagine tomografica condotta con metodologia HVSR a stazione singola: nell’ambito di tale approccio “misto”, la tecnica in array ha consentito di stimare le velocità dello strato superficiale: i dati così ottenuti sono stati successivamente utilizzati per vincolare il fit della curva H/V ottenuta dalle indagini HVSR, permettendo di ottenere profili di velocità fino a profondità maggiori rispetto a quanto ottenibile con un approccio singolo.

L’acronimo **Re.Mi** significa *reaction microtremor*; si tratta una tecnica superficiale non invasiva per il calcolo del profilo di velocità delle onde di taglio Vs, che utilizza i microtremori ambientali come fonte di eccitazione ed una finestra temporale più lunga rispetto alla tecnica MASW.

Per il rilievo si è utilizzato un sismografo marca MICROMED modello SoilSpy Rosina a 24 canali (matricola SAA---0027/4-12) collegato ad un pc *netbook*: operativamente viene realizzato uno stendimento di geofoni verticali da 4,5 Hz interspaziati 2,0-3,0 m.

I dati sono quindi acquisiti con frequenza di campionamento pari a 256 Hz tramite il *software* Rosina ed analizzati tramite il *software* Grilla.

Utilizzando la componente Z per le onde di *Rayleigh* si ottiene quindi una curva di dispersione dalla quale ricavare un profilo di Vs in condizioni di 1 D e strati pian paralleli. La curva di dispersione è stata realizzata mediante l’impiego del *software* Grilla, che analizza per ogni singola frequenza una velocità di prova compresa in un *range* (ad esempio 50 m/s – 350 m/s) ed ad un passo (per esempio 2 m/s) preimpostati dall’operatore.

L'elaborazione del segnale è data da una trasformata bidimensionale *Slowness – Frequency* che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica , rappresentando lo spettro di potenza su di un grafico $p - f$.

La zona colorata in rosso è quella in cui, attraverso l'operazione di *slant/stack* si giunge a trovare la V_s che meglio fitta le varie serie temporali alle finestre di frequenza.

Si può arrivare ad assimilare la zona rossa con una spezzata passante per la RE.MI nel limite inferiore: la retta presenta pendenze variabili ed ad ogni cambio di pendenza si rilevano V_s e profondità che andranno poi a ricostruire i sismostrati.

La retta tende all'infinito quando per tutte le velocità di prova si ha lo stesso grado di correlazione, ovvero si hanno infinite soluzioni.

Per i **rilievi H.V.S.R.** è stato impiegato uno strumento marca Micromed, modello *Tromino Engy* che adotta una metodologia, anche chiamata tecnica di Nakamura (1989), introdotta da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base degli studi di Kanai e Tanaka del 1961.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, e permette la registrazione nel campo di frequenze 0-200 Hz. Dopo che il segnale dei tre velocimetri è stato acquisito, per un tempo t , e digitalizzato a 24 bit, viene trasmesso ad un software dedicato, denominato *Grilla* il quale, per ciascuna delle 3 componenti del moto, esegue le seguenti operazioni:

- divisione del tracciato in finestre la cui lunghezza è immessa dall'operatore;
- depurazione del segnale dal trend di ciascuna finestra;
- "taper" con una finestra di Bartlett;
- "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- smoothing (lisciamento) dello spettro di ogni finestra secondo differenti funzioni la cui scelta viene definita dall'operatore;
- calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (*seismic noise*) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremiti (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sofficie su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

L'applicazione, per la determinazione della V_s richiede la conoscenza della stratigrafia del sottosuolo, in particolare della profondità del primo riflettore.

Infatti, la frequenza di risonanza è legata alla V_s dalla formula:

$$f_r = V_{s1} / (4 h)$$

Per sfruttare la misura della frequenza di risonanza è necessario quindi la conoscenza della profondità del primo riflettore o la velocità del primo strato.

Questa tecnica presenta il vantaggio di poter essere adoperata pressoché ovunque, purché siano garantite l'assenza di forti vibrazioni indotte da attività umane nelle vicinanze del punto di misura.

Questa tecnologia è stata oggetto del progetto di ricerca SESAME (*Site EffectS assessment using Ambient Excitations*) ed a questo si rimanda per le linee guida della tecnica *H/V spectral ratio*

Di seguito, vengono riportati i risultati, sotto forma di tabelle e grafici, delle due indagini geofisiche integrate.

INDAGINE GEOFISICA Re.Mi – HVSR condotta presso L'Area di indagine 1 Comune di Faenza (RA).

RILIEVO Re.Mi 1 (congiunto con HVSR-1)

Inizio registrazione: 26/06/15 15:00:28 Fine registrazione: 26/06/15 15:03:40

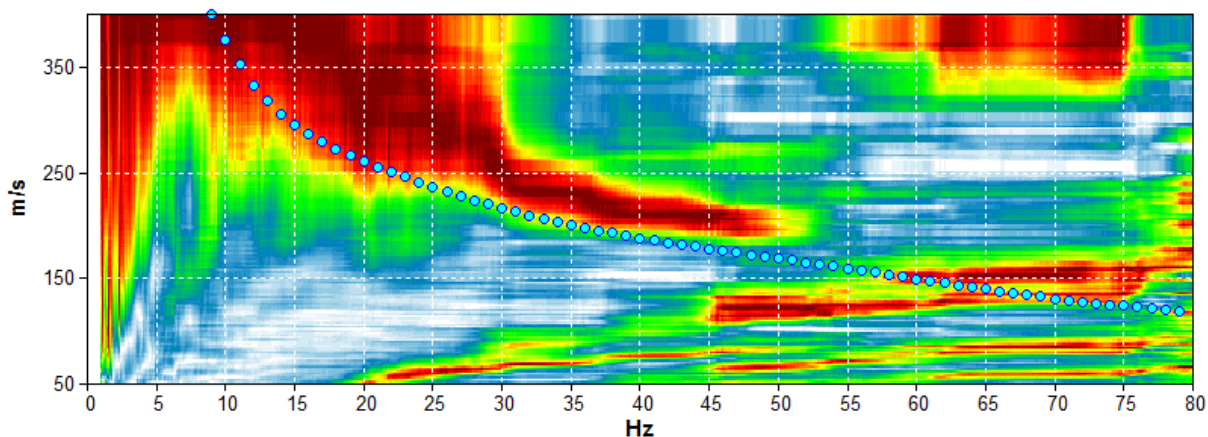
Durata registrazione: 0h03'12". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 256 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06
 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10

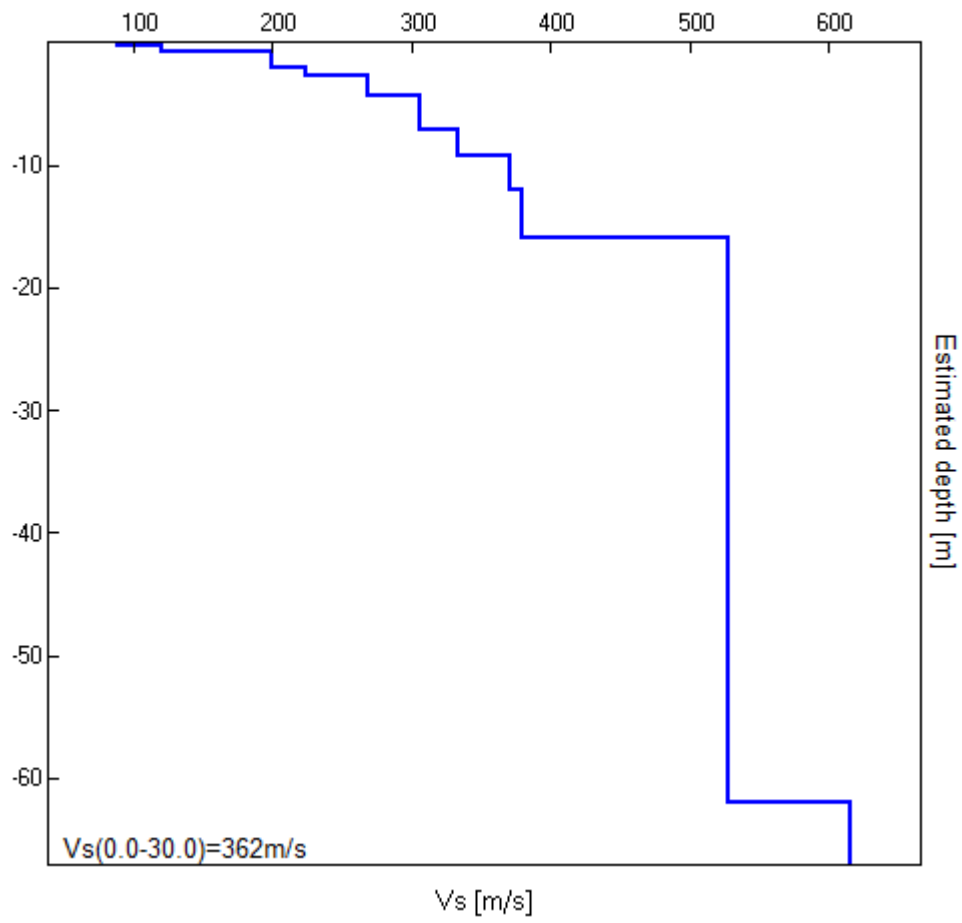
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 0.30 | 0.30 | 89 | 0.42 |
| 0.80 | 0.50 | 121 | 0.42 |
| 2.00 | 1.20 | 200 | 0.42 |
| 2.80 | 0.80 | 224 | 0.42 |
| 4.40 | 1.60 | 269 | 0.42 |
| 7.20 | 2.80 | 306 | 0.42 |
| 9.20 | 2.00 | 334 | 0.42 |
| 12.00 | 2.80 | 371 | 0.42 |
| 16.00 | 4.00 | 380 | 0.42 |
| 62.00 | 46.00 | 527 | 0.42 |
| inf. | inf. | 615 | 0.42 |

Vs(0.0-30.0)=362 m/s



RILIEVO HVSR-1 (Congiunto con Re.Mi 1)

Strumento: TEP-0111/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 25/06/15 14:41:52 Fine registrazione: 25/06/15 15:01:53

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 011°52.5976 E, 44°16.6016 N (26.4 m)

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

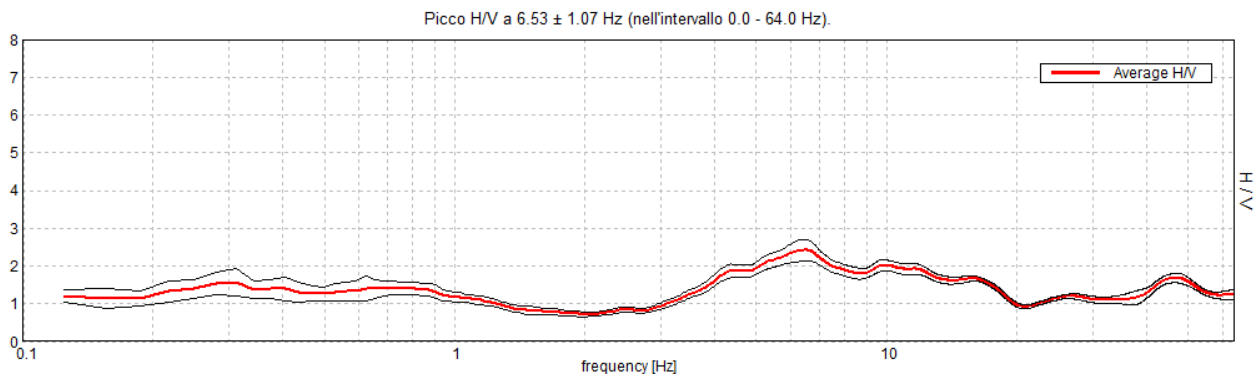
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

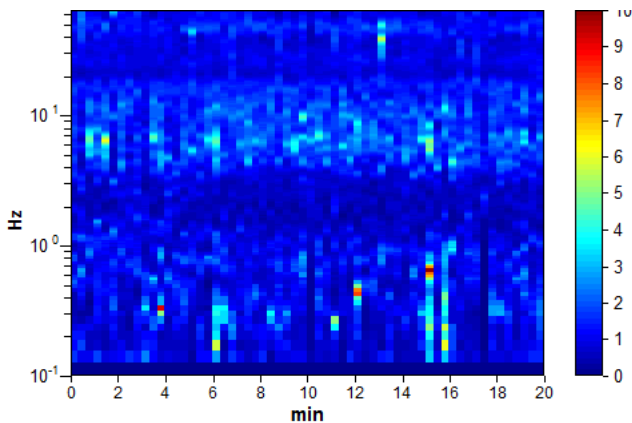
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

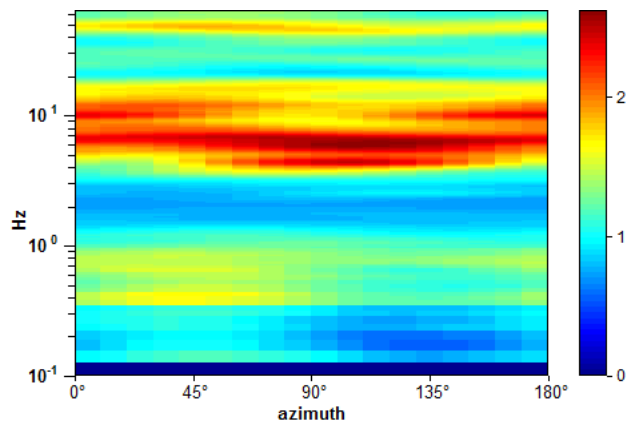
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



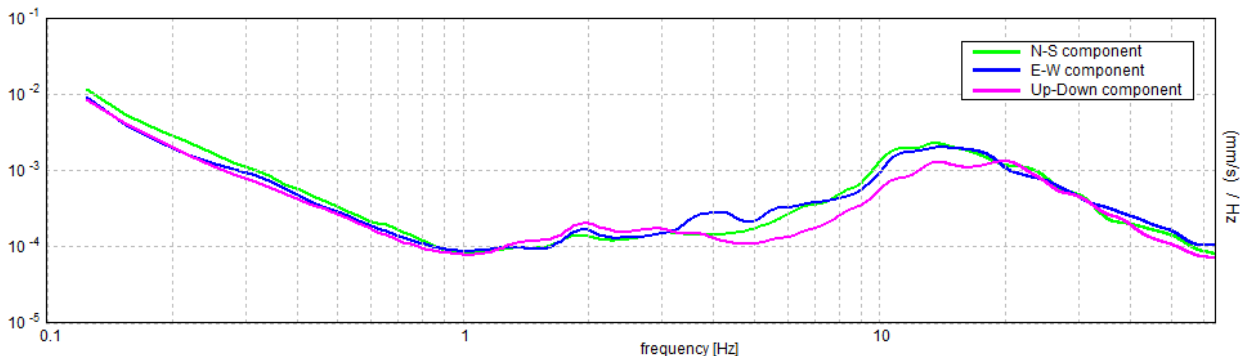
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

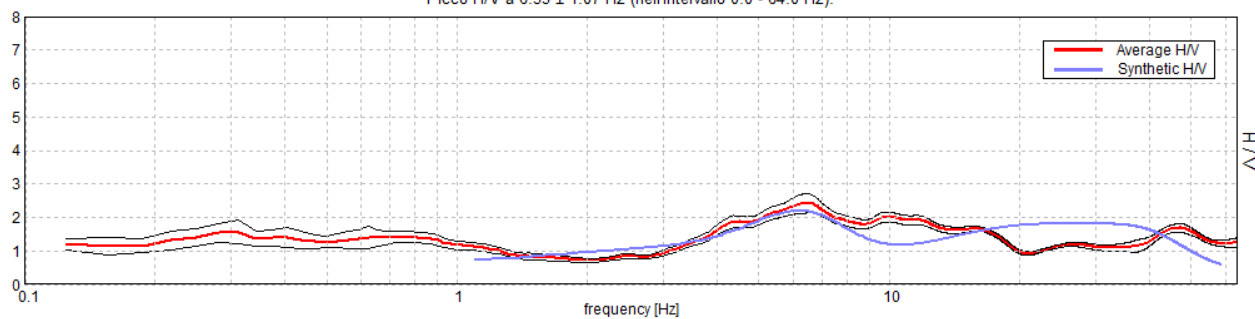


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



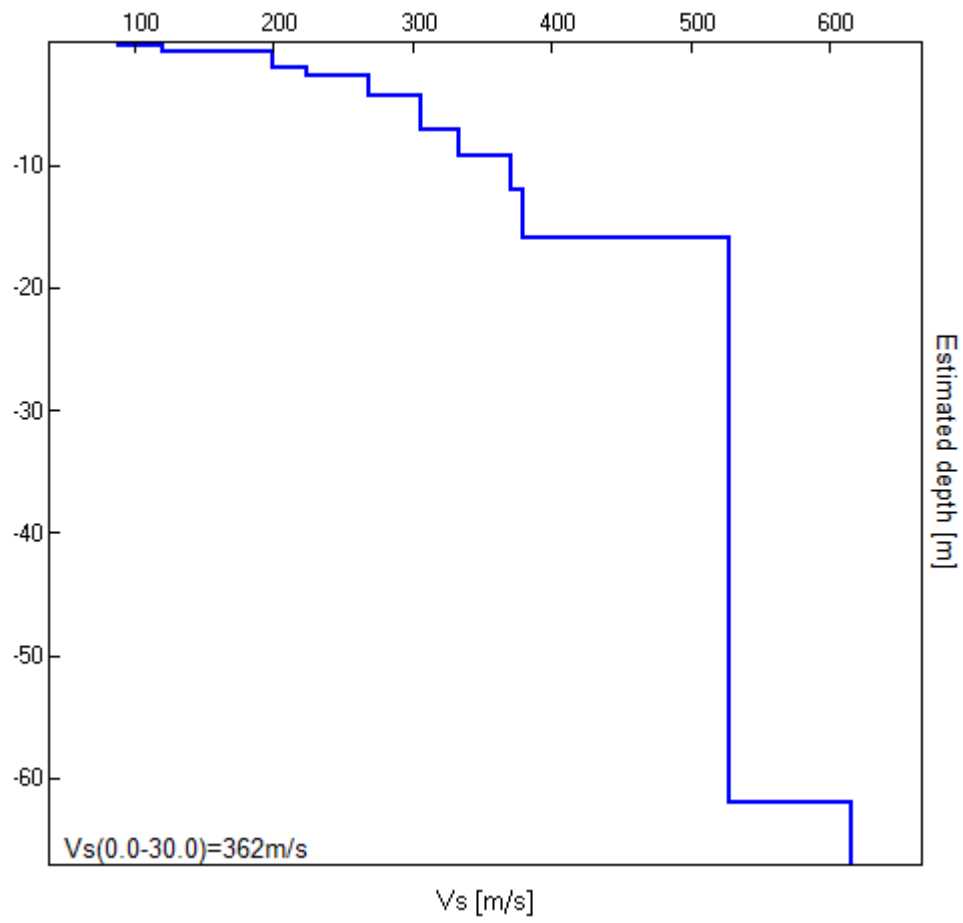
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 6.53 ± 1.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 0.30 | 0.30 | 89 | 0.42 |
| 0.80 | 0.50 | 121 | 0.42 |
| 2.00 | 1.20 | 200 | 0.42 |
| 2.80 | 0.80 | 224 | 0.42 |
| 4.40 | 1.60 | 269 | 0.42 |
| 7.20 | 2.80 | 306 | 0.42 |
| 9.20 | 2.00 | 334 | 0.42 |
| 12.00 | 2.80 | 371 | 0.42 |
| 16.00 | 4.00 | 380 | 0.42 |
| 62.00 | 46.00 | 527 | 0.42 |
| inf. | inf. | 615 | 0.42 |

Vs(0.0-30.0)=362m/s



Picco H/V a 6.53 ± 1.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

| | | | |
|--|-------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 6.53 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 7837.5 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 314 | OK | |

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

| | | | |
|--|-------------------|----|----|
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 3.406 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 18.844 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 2.42 > 2 | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.1636 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 1.06853 < 0.32656 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.2789 < 1.58 | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

| | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 f_0 | 0.2 f_0 | 0.15 f_0 | 0.10 f_0 | 0.05 f_0 |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

INDAGINE GEOFISICA Re.Mi – HVSR condotta presso l'Area di Indagine 3 Comune di Faenza (RA)

RILIEVO Re.Mi 2 (congiunto con HVSR-2)

Inizio registrazione: 24/06/15 11:42:00 Fine registrazione: 24/06/15 11:46:01

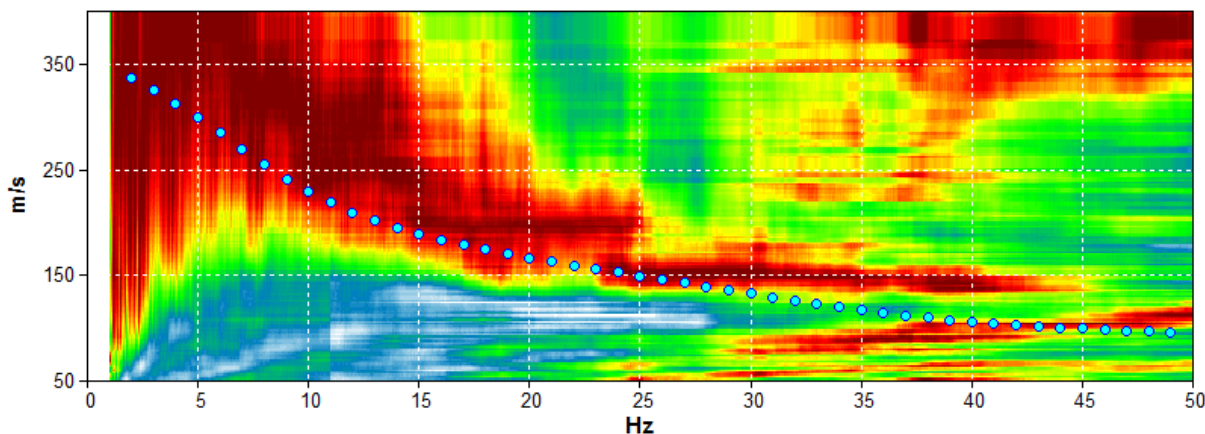
Durata registrazione: 0h04'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 256 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06
 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10

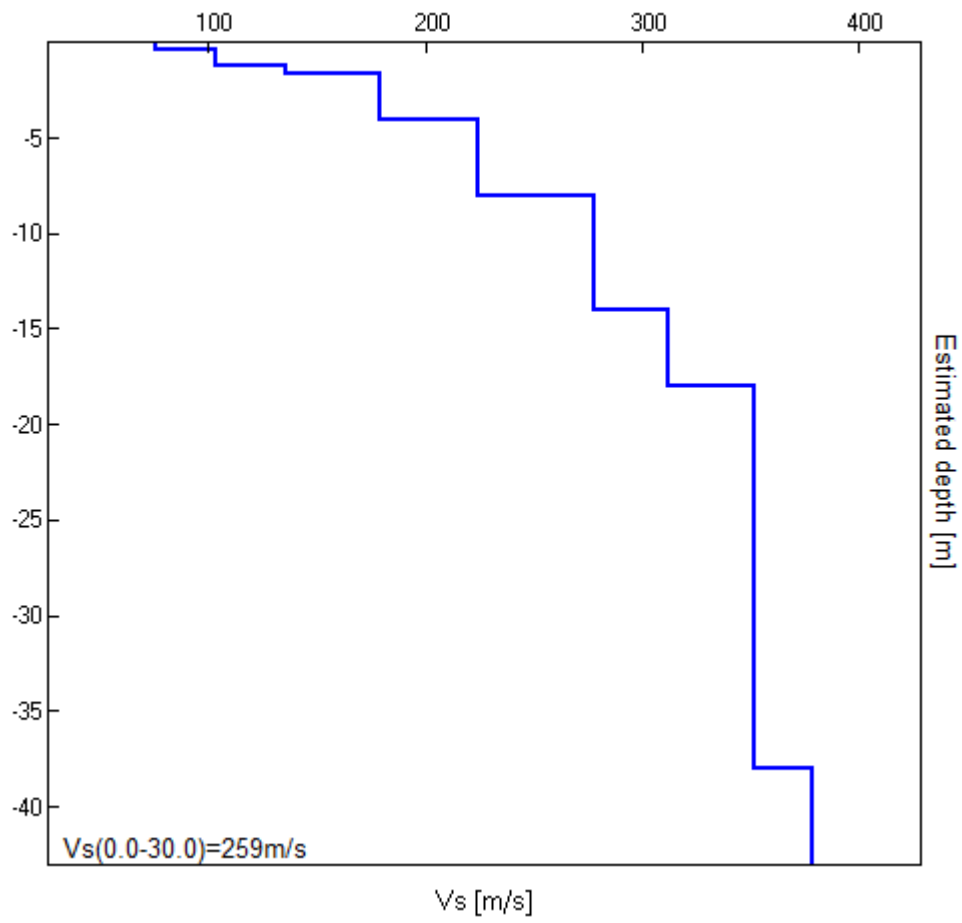
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 0.40 | 0.40 | 76 | 0.42 |
| 1.20 | 0.80 | 103 | 0.42 |
| 1.60 | 0.40 | 136 | 0.42 |
| 4.00 | 2.40 | 179 | 0.42 |
| 8.00 | 4.00 | 224 | 0.42 |
| 14.00 | 6.00 | 278 | 0.42 |
| 18.00 | 4.00 | 312 | 0.42 |
| 38.00 | 20.00 | 352 | 0.42 |
| inf. | inf. | 378 | 0.42 |

Vs(0.0-30.0)=259 m/s



RILIEVO HVSR-2 (Congiunto con Re.Mi 2)

Strumento: TEP-0111/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 23/06/15 11:23:39 Fine registrazione: 24/06/15 11:43:40

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 011°52.4179 E, 44°15.8614 N (46.8 m)

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

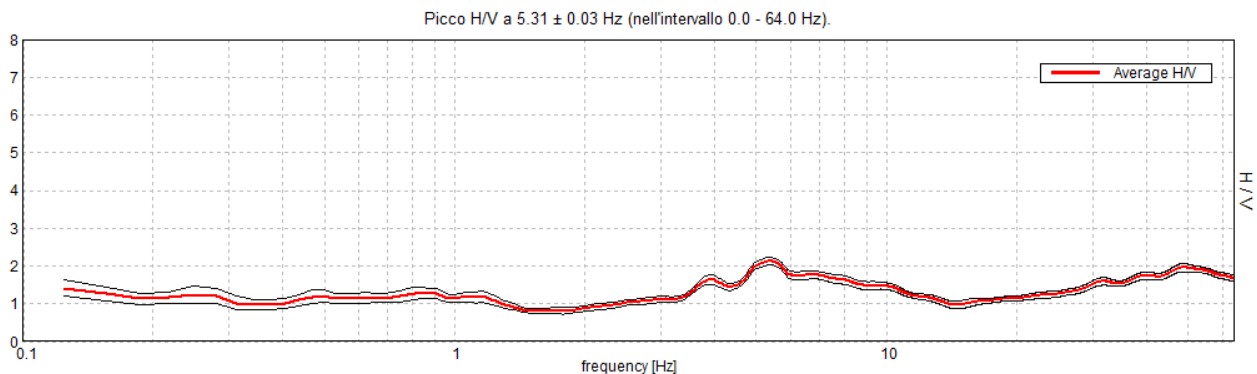
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

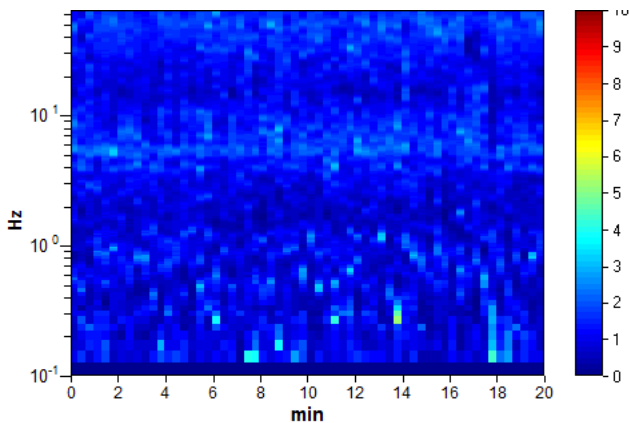
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

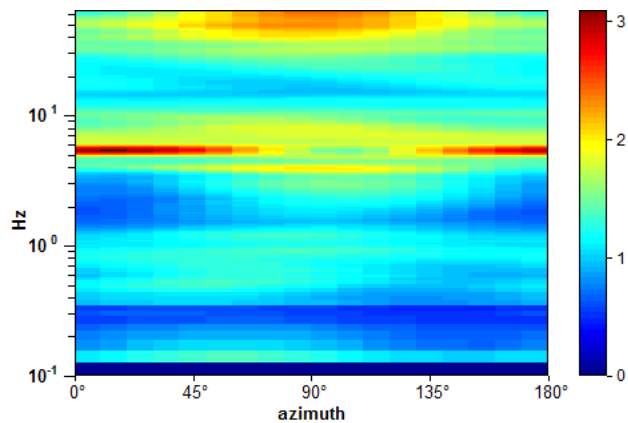
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



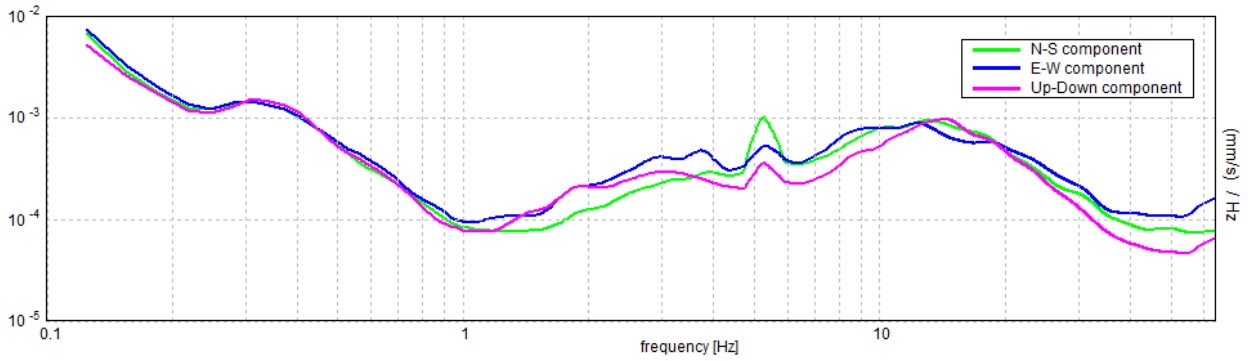
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

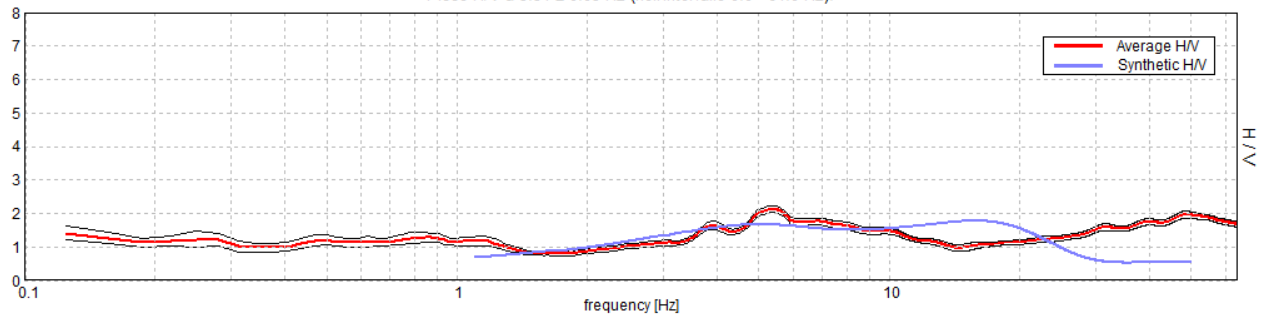


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



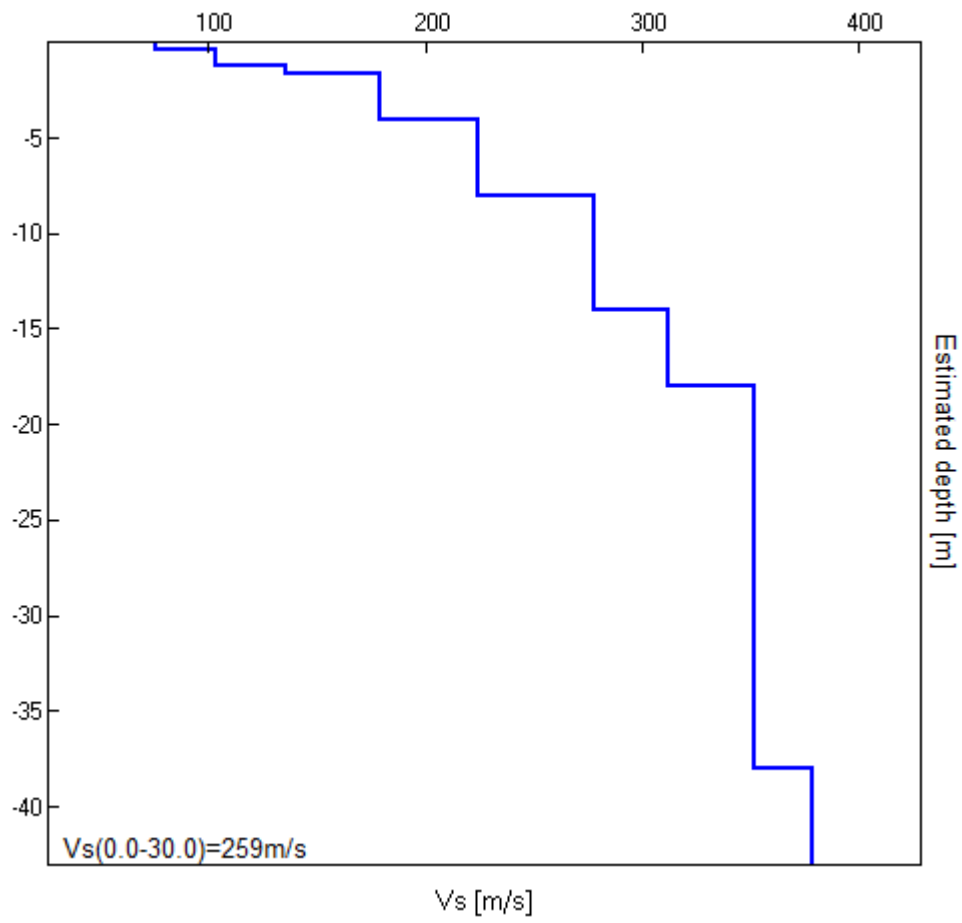
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 5.31 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 0.40 | 0.40 | 76 | 0.42 |
| 1.20 | 0.80 | 103 | 0.42 |
| 1.60 | 0.40 | 136 | 0.42 |
| 4.00 | 2.40 | 179 | 0.42 |
| 8.00 | 4.00 | 224 | 0.42 |
| 14.00 | 6.00 | 278 | 0.42 |
| 18.00 | 4.00 | 312 | 0.42 |
| 38.00 | 20.00 | 352 | 0.42 |
| inf. | inf. | 378 | 0.42 |

Vs(0.0-30.0)=259m/s



Picco H/V a 5.31 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

| | | | |
|--|-------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $5.31 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $6375.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 256 | OK | |

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

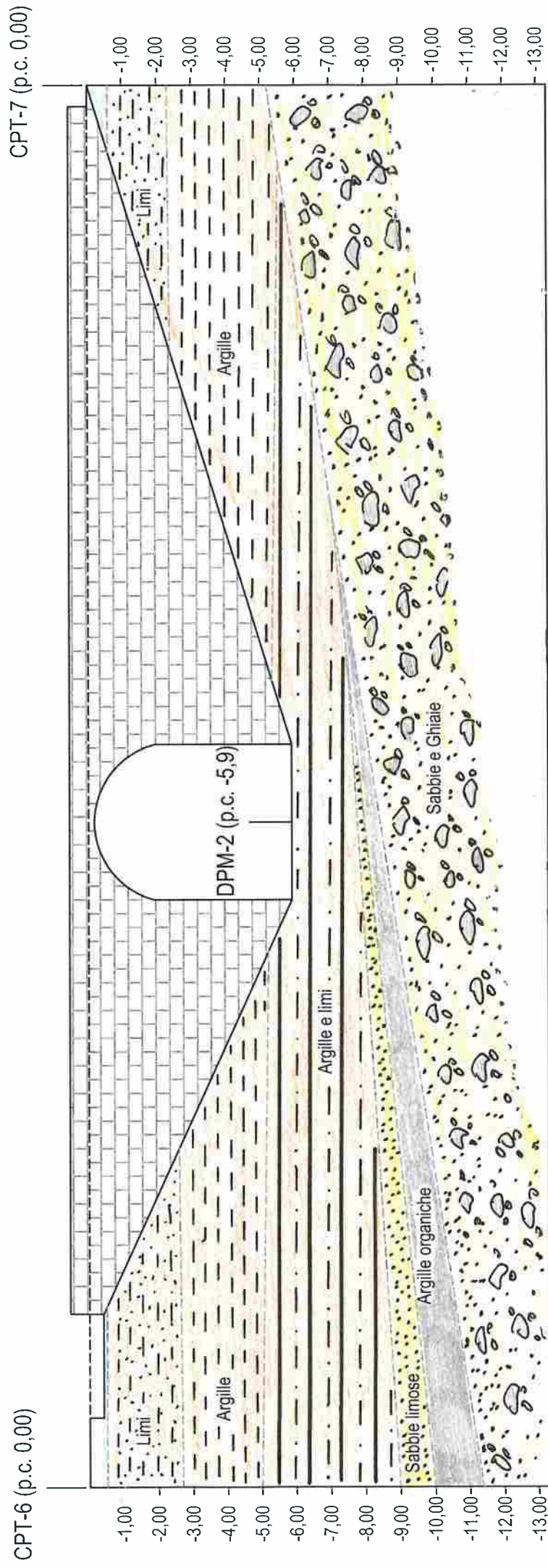
| | | | |
|--|---------------------|-----------|--|
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 2.688 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 13.406 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.13 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.00498 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.02646 < 0.26563$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.1022 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

| | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 - 0.5 | 0.5 - 1.0 | 1.0 - 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

SEZIONE GEOLOGICA ZONA PONTE



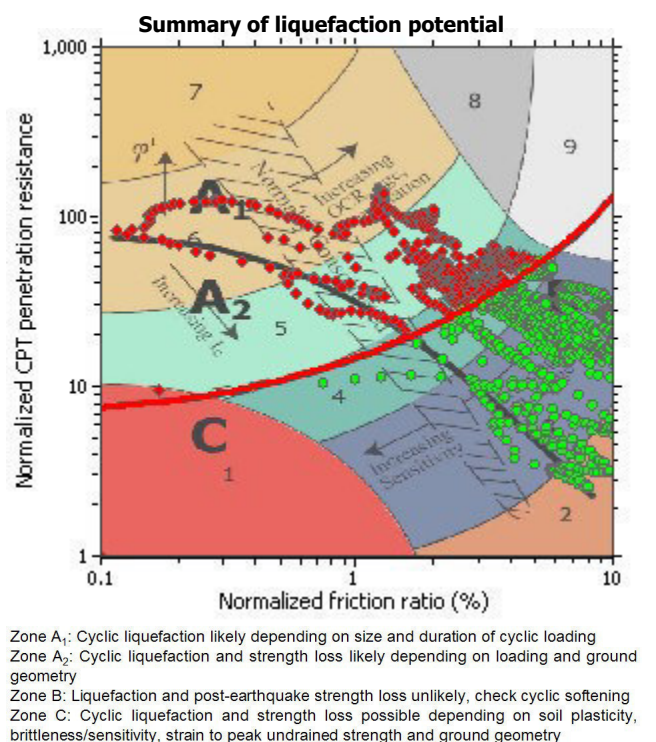
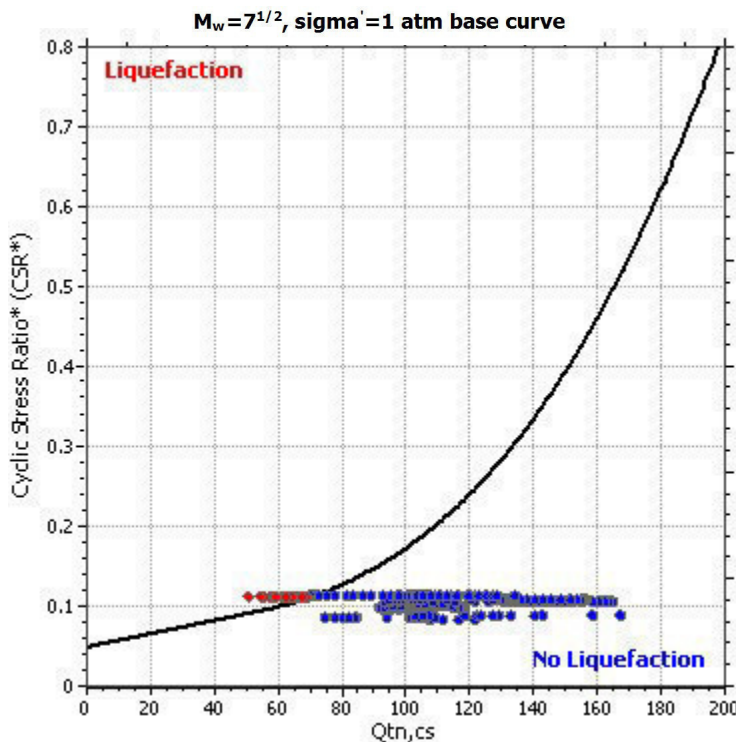
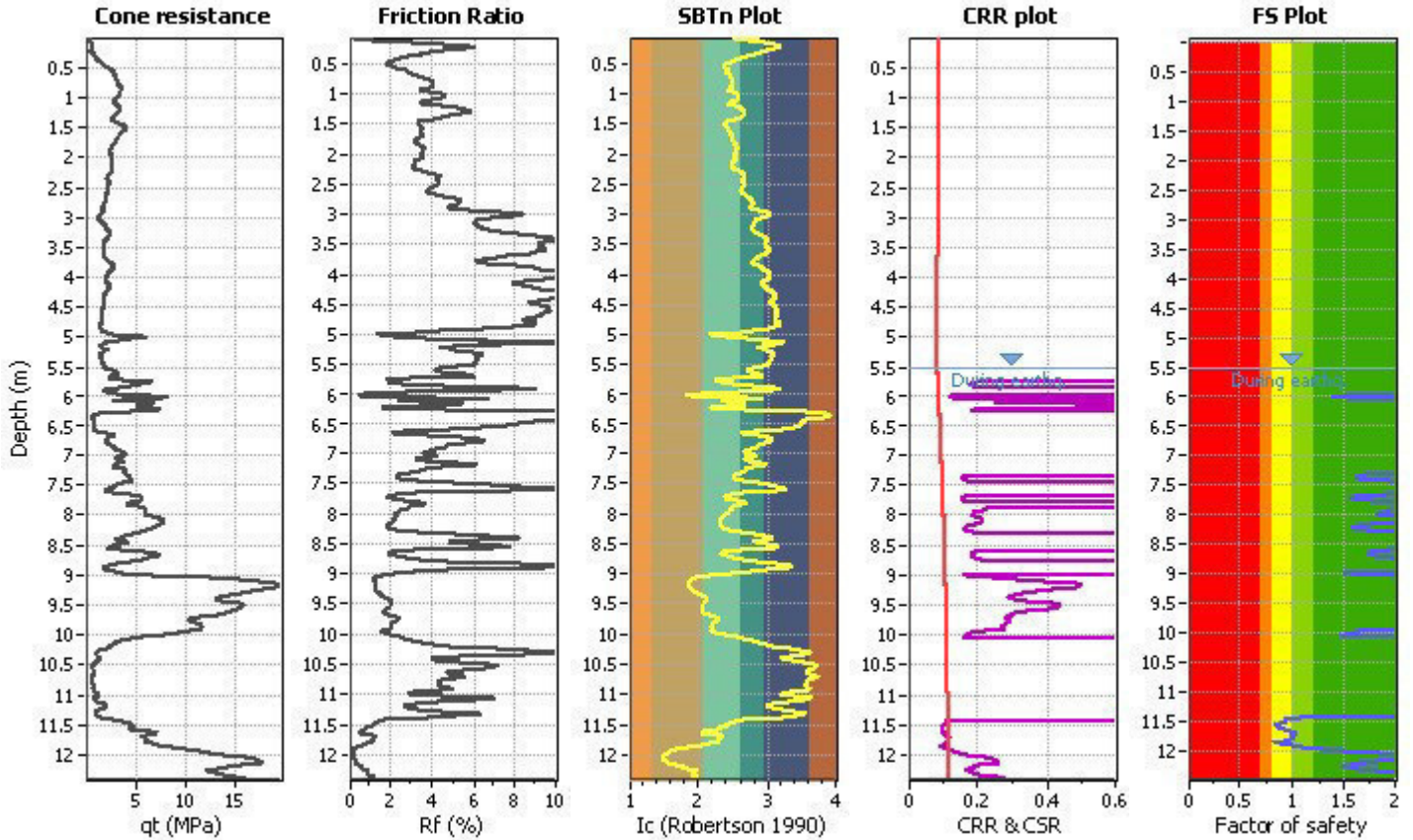
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Comune di Faenza - Nuovo tratto pista ciclabile Location : SP 16 Marzeno - Faenza (RA)

CPT file : CPTU-06

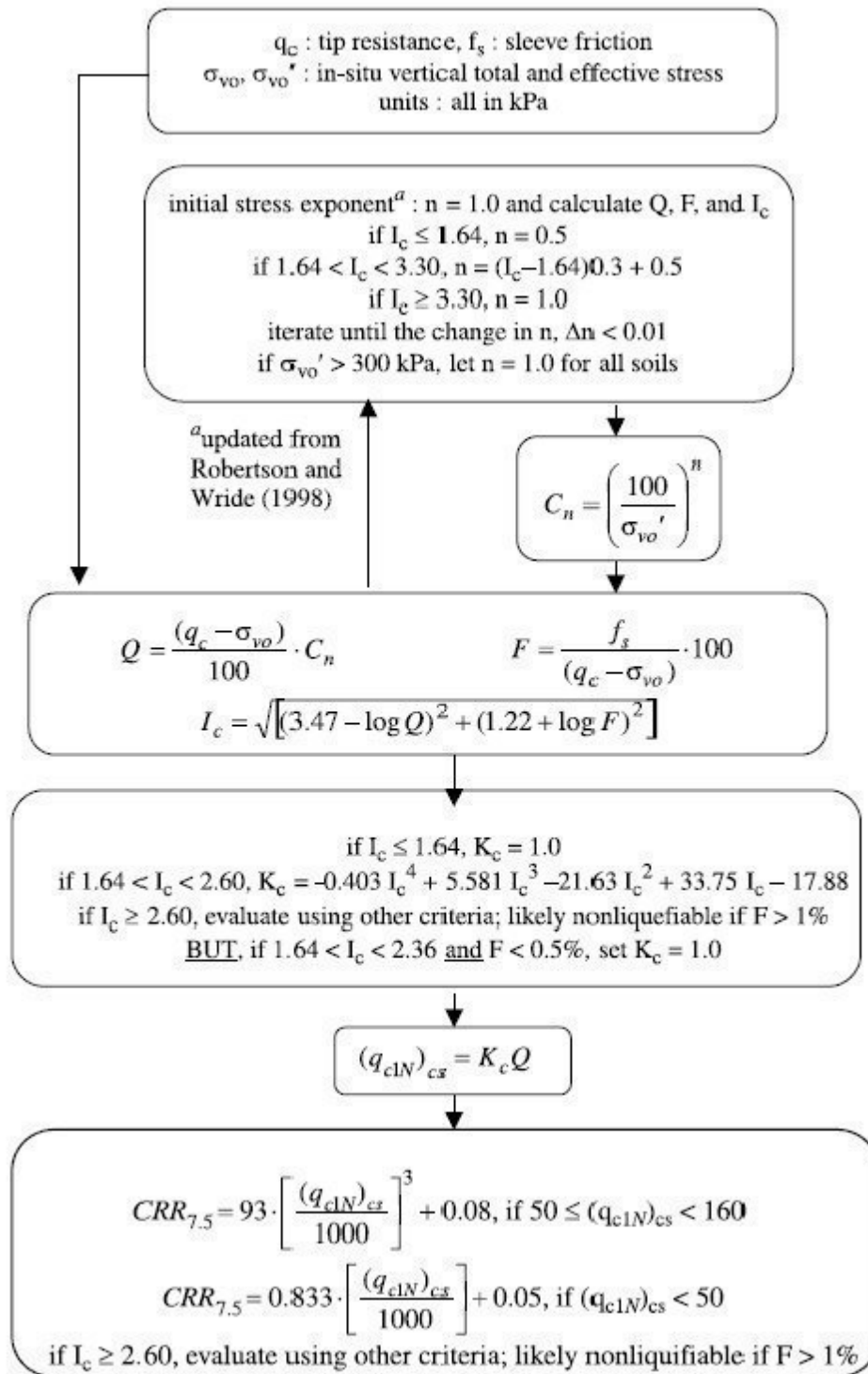
Input parameters and analysis data

| | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|-----|----------------------|--------------|
| Analysis method: | NCEER (1998) | G.W.T. (in-situ): | 8.20 m | Use fill: | No | Clay like behavior | |
| Fines correction method: | NCEER (1998) | G.W.T. (earthq.): | 5.50 m | Fill height: | N/A | applied: | Sands only |
| Points to test: | Based on Ic value | Average results interval: | 3 | Fill weight: | N/A | Limit depth applied: | Yes |
| Earthquake magnitude M_w : | 5.80 | Ic cut-off value: | 2.60 | Trans. detect. applied: | No | Limit depth: | 20.00 m |
| Peak ground acceleration: | 0.25 | Unit weight calculation: | Based on SBT | K_0 applied: | Yes | MSF method: | Method based |



Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, NCEER (1998)

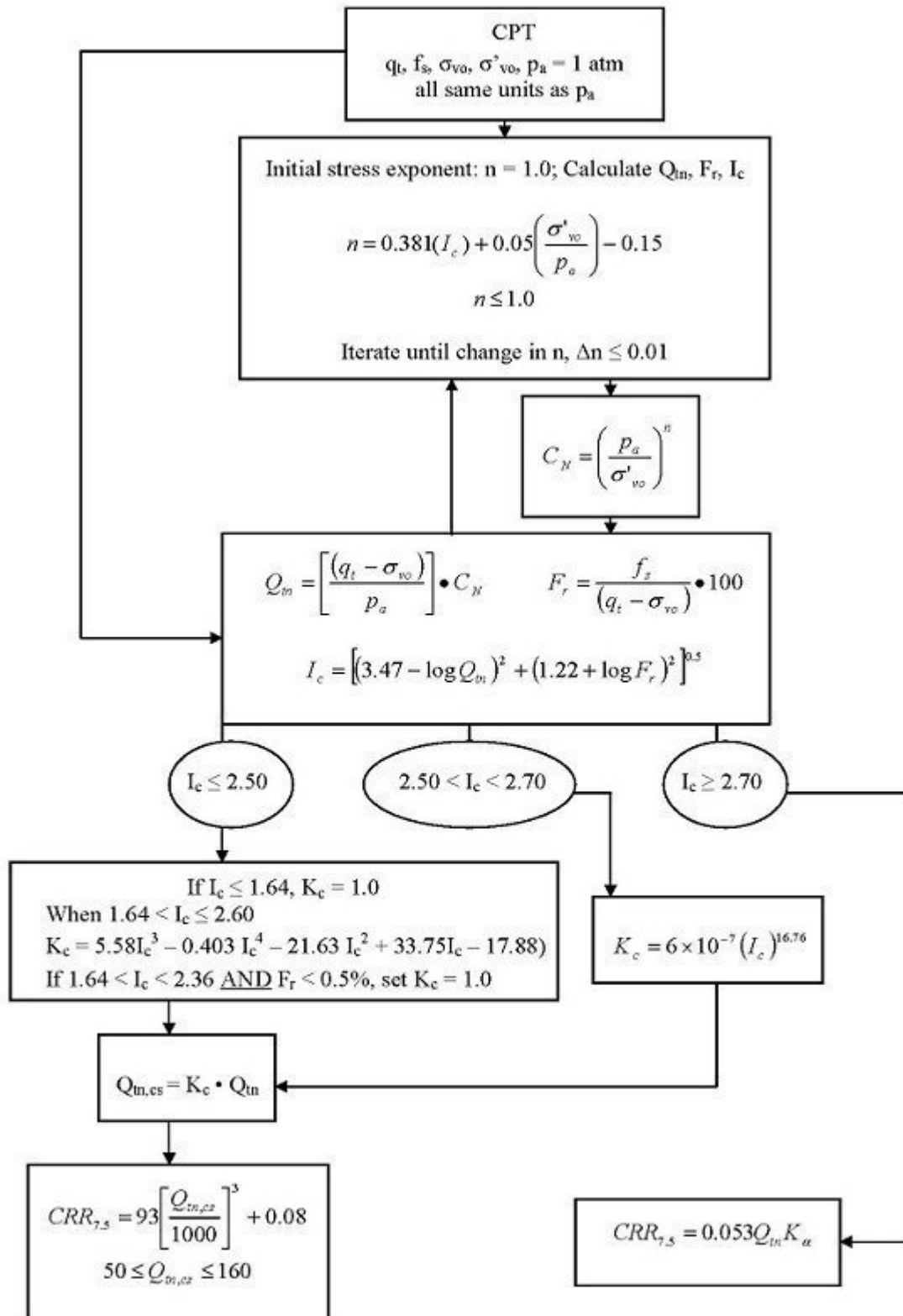
Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. The procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart¹:



¹ "Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground", G. Zhang, P.K. Robertson, and R.W.I. Brachman

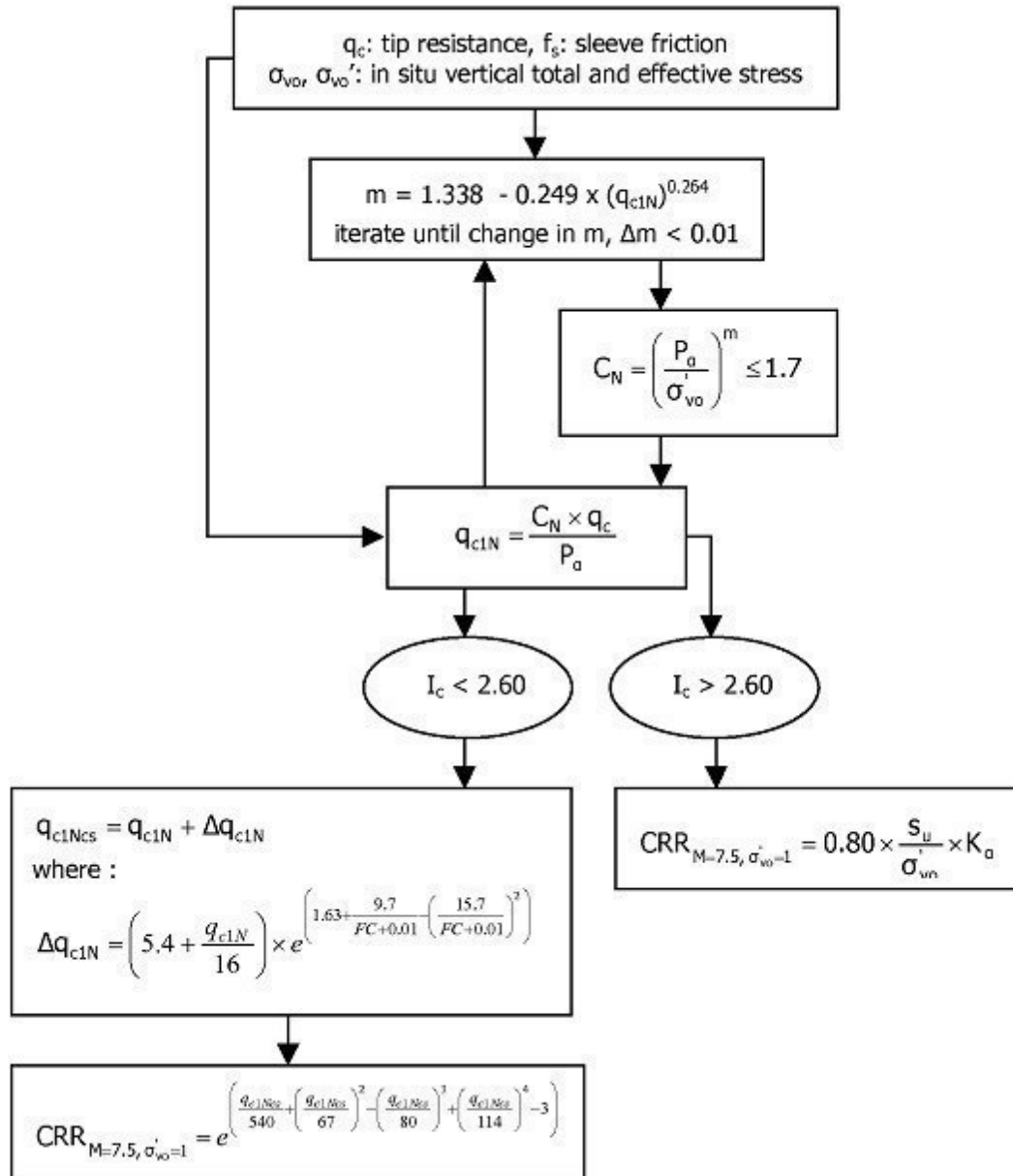
Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (all soils), Robertson (2010)

Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. This procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart¹:

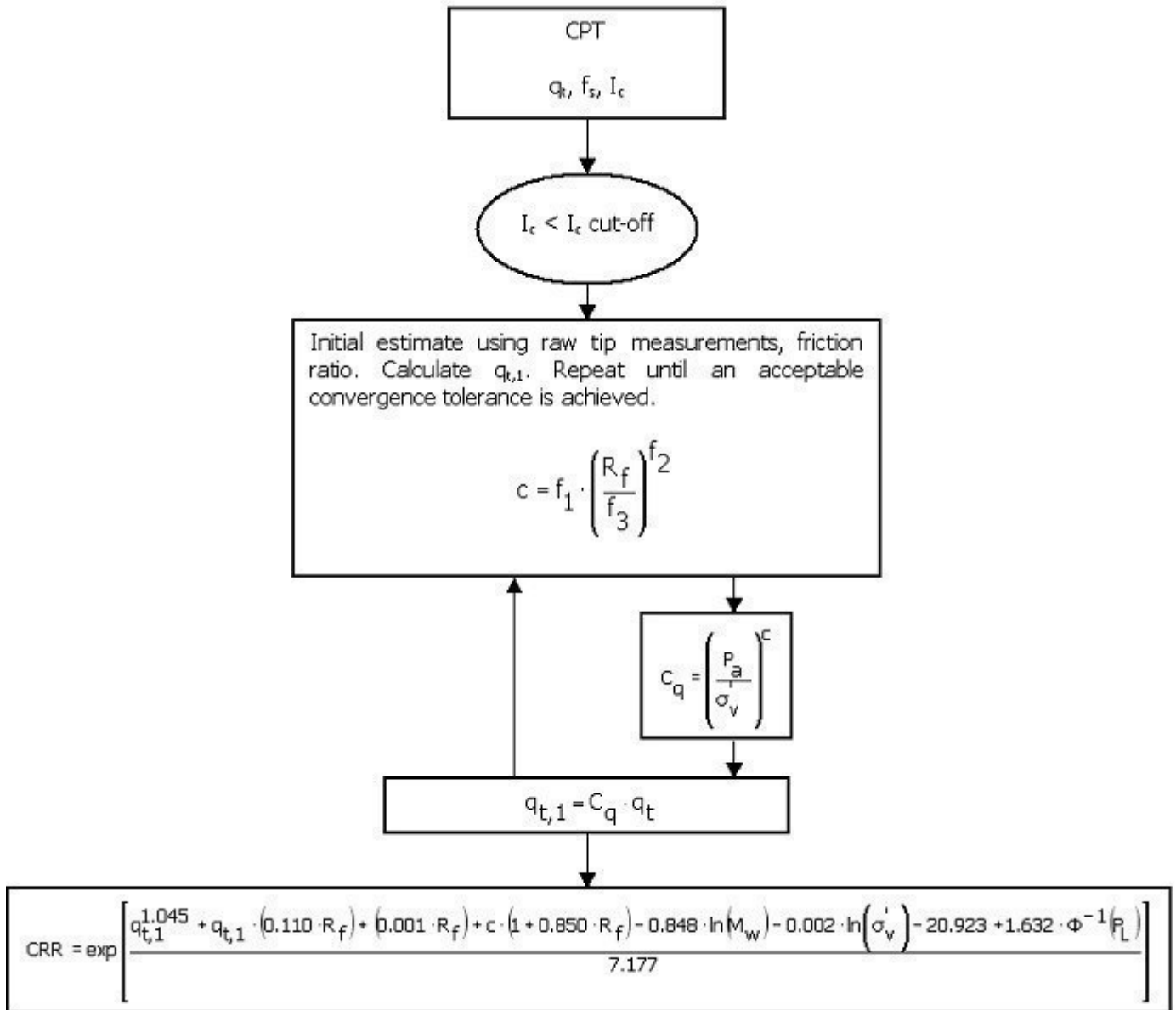


¹ P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering – from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009

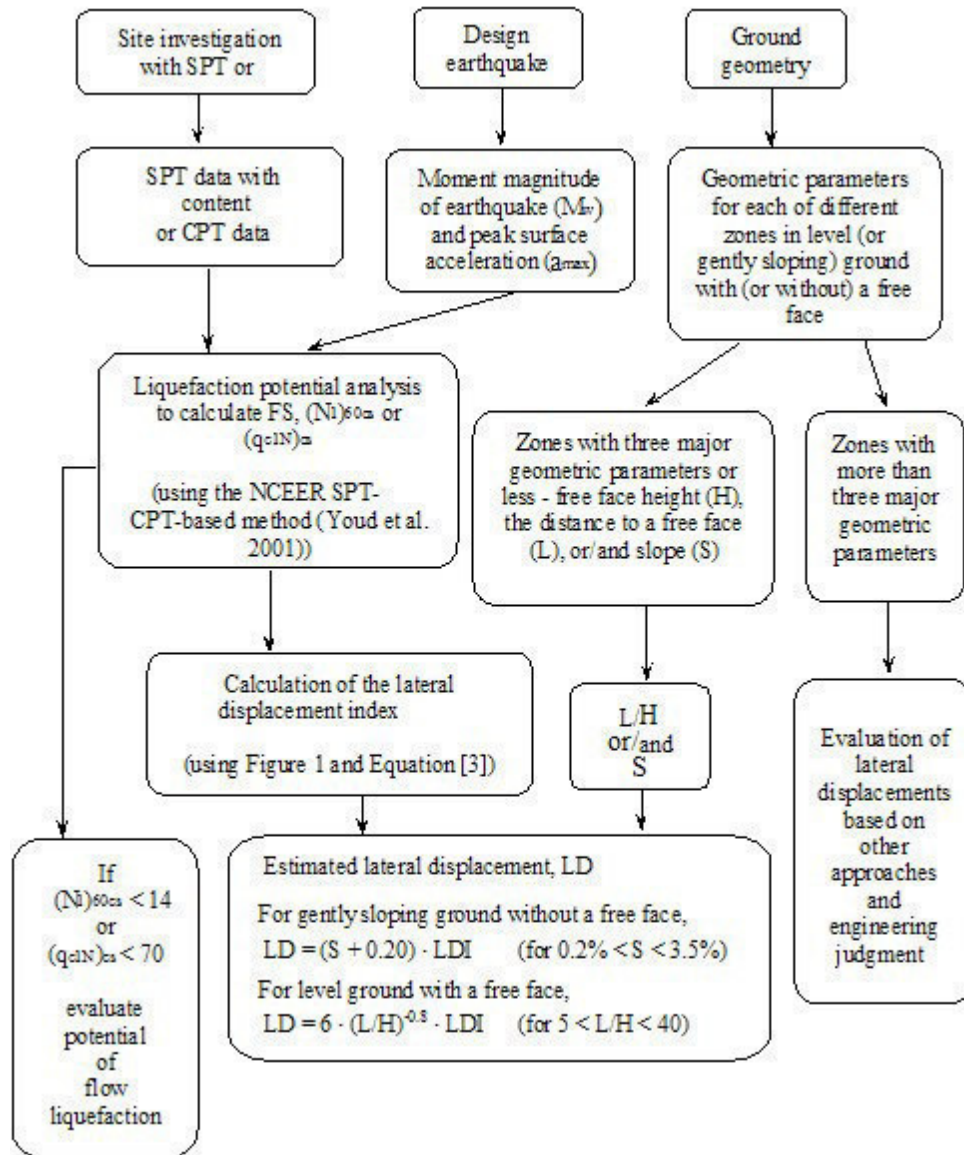
Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, Idriss & Boulanger (2008)



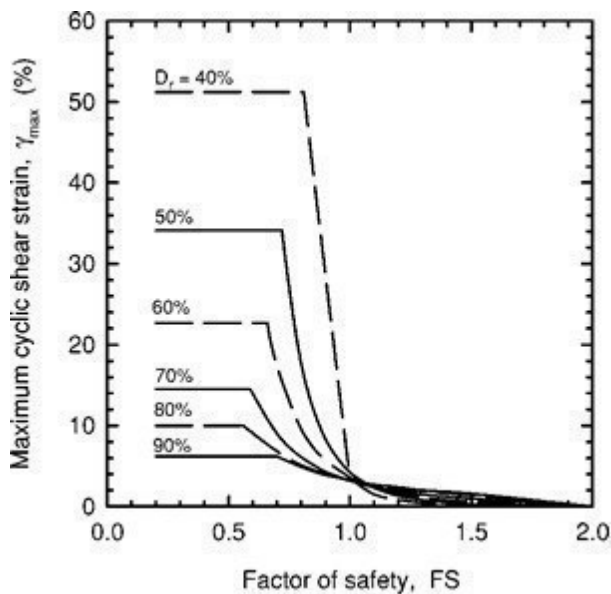
Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (sandy soils), Moss et al. (2006)



Procedure for the evaluation of liquefaction-induced lateral spreading displacements



¹ Flow chart illustrating major steps in estimating liquefaction-induced lateral spreading displacements using the proposed approach



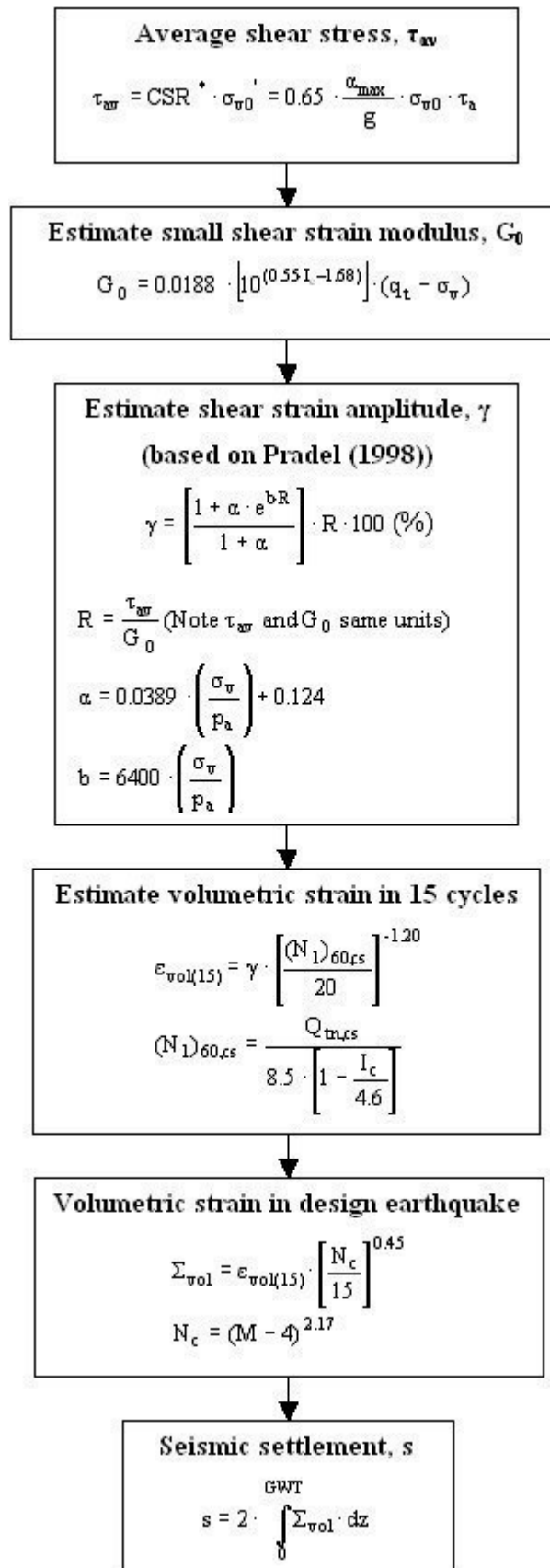
¹ Figure 1

$$LDI = \int_0^{Z_{max}} \gamma_{max} dz$$

¹ Equation [3]

¹ "Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground", G. Zhang, P.K. Robertson, and R.W.I. Brachman

Procedure for the estimation of seismic induced settlements in dry sands



Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, "Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT" FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, Symposium in honor of professor I. M. Idriss, San Diego, CA

Liquefaction Potential Index (LPI) calculation procedure

Calculation of the Liquefaction Potential Index (LPI) is used to interpret the liquefaction assessment calculations in terms of severity over depth. The calculation procedure is based on the methodology developed by Iwasaki (1982) and is adopted by AFPS.

To estimate the severity of liquefaction extent at a given site, LPI is calculated based on the following equation:

$$\mathbf{LPI} = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times dz$$

where:

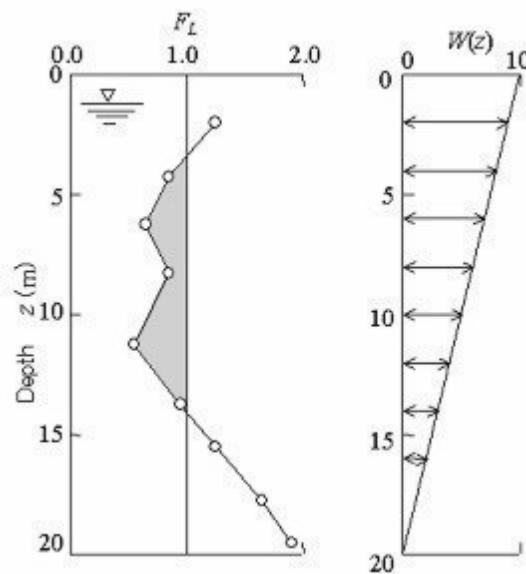
$F_L = 1 - F.S.$ when F.S. less than 1

$F_L = 0$ when F.S. greater than 1

z depth of measurement in meters

Values of LPI range between zero (0) when no test point is characterized as liquefiable and 100 when all points are characterized as susceptible to liquefaction. Iwasaki proposed four (4) discrete categories based on the numeric value of LPI:

- LPI = 0 : Liquefaction risk is very low
- $0 < LPI \leq 5$: Liquefaction risk is low
- $5 < LPI \leq 15$: Liquefaction risk is high
- $LPI > 15$: Liquefaction risk is very high



Graphical presentation of the LPI calculation procedure

References

- Lunne, T., Robertson, P.K., and Powell, J.J.M 1997. Cone penetration testing in geotechnical practice, E & FN Spon Routledge, 352 p, ISBN 0-7514-0393-8.
- Boulanger, R.W. and Idriss, I. M., 2007. Evaluation of Cyclic Softening in Silts and Clays. ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering June, Vol. 133, No. 6 pp 641-652
- Robertson, P.K. and Cabal, K.L., 2007, Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Available at no cost at <http://www.geologismiki.gr/>
- Robertson, P.K. 1990. Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 27 (1), 151-8.
- Robertson, P.K. and Wride, C.E., 1998. Cyclic Liquefaction and its Evaluation based on the CPT Canadian Geotechnical Journal, 1998, Vol. 35, August.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J., Liao, S., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R., and Stokoe, K.H., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, October, pp 817-833
- Zhang, G., Robertson, P.K., Brachman, R., 2002, Estimating Liquefaction Induced Ground Settlements from the CPT, Canadian Geotechnical Journal, 39: pp 1168-1180
- Zhang, G., Robertson, P.K., Brachman, R., 2004, Estimating Liquefaction Induced Lateral Displacements using the SPT and CPT, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 130, No. 8, 861-871
- Pradel, D., 1998, Procedure to Evaluate Earthquake-Induced Settlements in Dry Sandy Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 124, No. 4, 364-368
- Iwasaki, T., 1986, Soil liquefaction studies in Japan: state-of-the-art, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 5, No. 1, 2-70
- Papathanassiou G., 2008, LPI-based approach for calibrating the severity of liquefaction-induced failures and for assessing the probability of liquefaction surface evidence, Eng. Geol. 96:94–104
- P.K. Robertson, 2009, Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Canadian Geotechnical Journal, Vol. 46, No. 11, pp 1337-1355
- P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering - from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009
- Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, "Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT" FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, *Symposium in honor of professor I. M. Idriss*, SAN diego, CA
- R. E. S. Moss, R. B. Seed, R. E. Kayen, J. P. Stewart, A. Der Kiureghian, K. O. Cetin, CPT-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of In Situ Seismic Soil Liquefaction Potential, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 132, No. 8, August 1, 2006
- I. M. Idriss and R. W. Boulanger, Soil liquefaction during earthquakes, Earthquake Engineering Research Institute MNO-12

COMUNE DI FAENZA

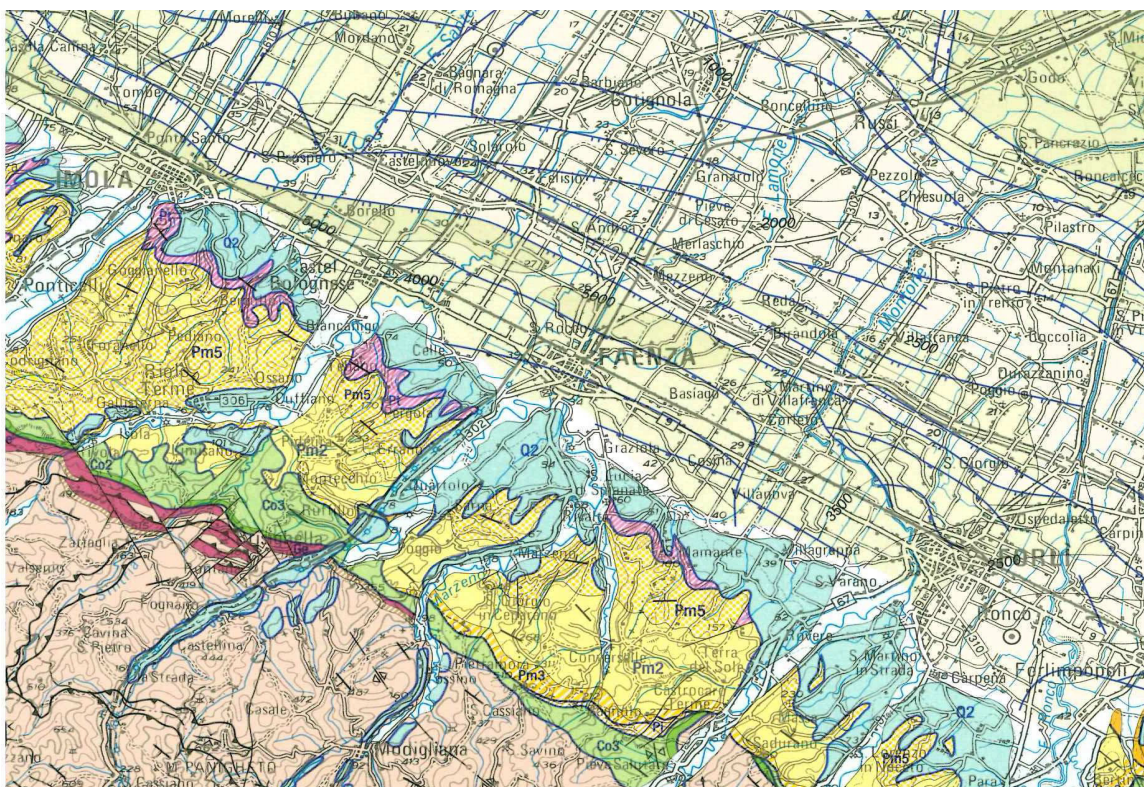


SETTORE LAVORI PUBBLICI Servizio Infrastrutture

Provincia di Ravenna

Comune di Faenza

OGGETTO : REALIZZAZIONE PISTA CICLABILE FAENZA-BORGO TULIERO



RELAZIONE GEOLOGICA – INTEGRAZIONE –

UNIONE DELLA ROMAGNA FAENTINA
Dott. Alessandro Poggiali

Faenza, Aprile 2016

INDICE

| | |
|--|---------|
| Premesse | pag. 3 |
| 1. Sismicità di riferimento | pag. 4 |
| 2. La pericolosità sismica elaborata per il PSC 2009 | pag. 7 |
| 3. Studi di Microzonazione sismica 2015 del Comune di Faenza | pag. 10 |
| 4. Microzonazione sismica della pista ciclo-pedonale Faenza – Borgo Tuliero | pag. 16 |

Premesse

Il presente documento geologico è redatto in risposta alla richiesta di integrazioni formulata dalla Provincia di Ravenna con nota pervenuta in data 18/03/2016 acquisita al protocollo URF n. 9121, dove si chiede di adeguare la documentazione geologico-geotecnica presentata a supporto del Piano Operativo Comunale (POC) e della correlata Variante al RUE "Adeguamento e messa in sicurezza Strada Prov.le n. 16 e realizzazione pista ciclo pedonale Faenza-Borgo Tuliero", alla Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112, al fine dell'ottenimento del parere di competenza ai sensi dell'art. 5 della L.R. n. 19/2008 (Norme per la riduzione del rischio sismico).

In materia di pericolosità sismica il Comune di Faenza dispone:

- dello studio elaborato a corredo del Quadro conoscitivo per il Piano Strutturale Comunale (Marabini S., PSC 2009), che rappresenta uno dei primi lavori di microzonazione sismica territoriale dell'Emilia-Romagna ed a suo tempo era equiparabile ad un primo e secondo livello di approfondimento in conformità alla D.A.L. n. 112/2007 Art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- dello studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento (Sangiorgi S., Righini T., Milito A., 2015), di seguito denominato "studi di M.S. 2015, finanziato con Delibera n. 1919/2013 della Giunta della Regione Emilia-Romagna, nell'ambito del quale si è colta l'occasione per procedere anche ad una completa rivisitazione e implementazione dei precedenti livelli di approfondimento (PSC 2009), al fine di adeguarli agli attuali standard di archiviazione informatica (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2013).

Gli studi di microzonazione di cui sopra sono stati eseguiti all'interno di un perimetro leggermente più esteso del "territorio urbanizzato e urbanizzabile" individuato con il PSC 2009, che comprende la città esistente, le frazioni e le rispettive parti del territorio comunale potenzialmente suscettibili di trasformazioni urbanistiche. La pista ciclo pedonale Faenza - Borgo Tuliero ricade solo parzialmente in questo perimetro, nello specifico nel solo tratto iniziale a nord (vedi fig. 7-11). Il restante tratto si sviluppa in territorio rurale.

Nel presente documento, per quanto riguarda l'inquadramento geologico della zona, si fa esplicito riferimento alla relazione geologica "allegato E" del Piano Operativo Comunale (POC) e della correlata Variante al RUE "Adeguamento e messa in sicurezza Strada Prov.le n. 16 e realizzazione pista ciclo pedonale Faenza-Borgo Tuliero". La stessa relazione geologica viene integrata con un'introduzione più approfondita relativa alla sismicità di riferimento del Comune di Faenza e con la ricognizione dei risultati ottenuti sull'area in cui si svilupperà la nuova pista ciclo-pedonale attraverso gli studi di microzonazione sismica eseguiti per il Comune di Faenza, sia nell'ambito del Quadro Conoscitivo del PSC 2009, sia con gli studi M.S. 2015. In ultima analisi si propone la microzonazione sismica della fascia di territorio interessata dalla nuova pista ciclo-pedonale, al fine dell'adeguamento della relazione geologica di riferimento alla D.G.R. n. 2193/2015.

Per la redazione del presente documento è stata seguita la seguente normativa di riferimento:

- Delibera Assemblea Legislativa n. 112/2007 Art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- L.R. n. 19/2008 Norme per la riduzione del rischio sismico
- Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 1919/2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile 52/13 a favore degli Enti locali";
- Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

1. Sismicità di riferimento

La sismicità di un territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e dunque alla presenza di strutture geologicamente "attive". L'attività sismica del territorio faentino risulta connessa all'attività orogenetica appenninica e definita nell'ambito di specifiche zone sismogenetiche, nelle quali gli eventi possono ritenersi circoscritti o definiti in relazione all'assetto tettonico del territorio. Il comprensorio faentino è soggetto ad una sismicità media rispetto alla realtà nazionale, con terremoti storici (fig. 2 e tabella 1) che hanno causato effetti con macrointensità stimata che arrivano fino a 7-8 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Seiberg, 1930).

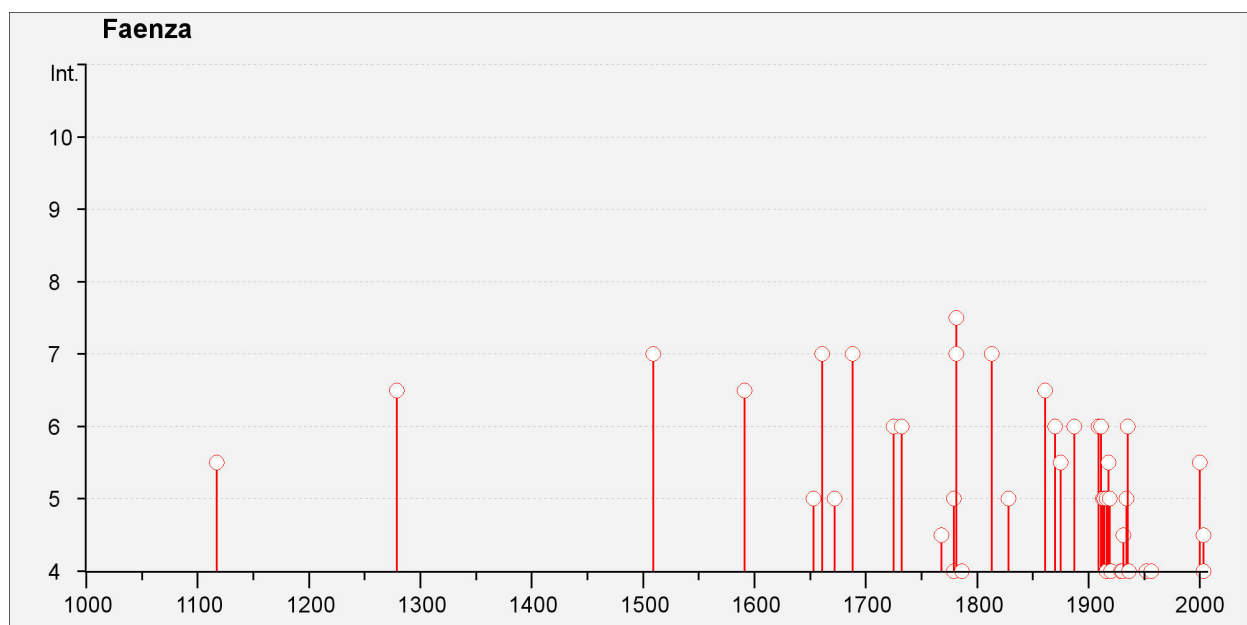


Fig. 1: Distribuzione e macrointensità stimata dei terremoti significativi per il Comune di Faenza (fonte INGV, database Macrosismico Italiano 2011)

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20 marzo 2003 "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", il Comune di Faenza è stato classificato in zona sismica 2. Tale classificazione prevede 4 classi a pericolosità sismica decrescente (zona 1: elevata sismicità, zona 2: media sismicità, ecc.) e ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| Effetti | I [MCS] | Data | In occasione del terremoto del: | Az | Np | I ₀ | M _w |
|---------|---------|---------------------|---------------------------------|----|------|----------------|----------------|
| 5-6 | | 1117 01 03 15:15 | Veronese | | 55 | 9-10 | 6.69 ±0.20 |
| 6-7 | | 1279 04 30 | ROCCA SAN CASCIANO | | 5 | 7-8 | 5.55 ±0.78 |
| F | | 1604 12 31 04:00 | Bolognese | | 15 | | |
| F | | 1505 01 03 02:00 | Bolognese | | 31 | 8 | 5.57 ±0.25 |
| F | | 1505 01 20 23:50 | Bolognese | | 11 | | |
| 7 | | 1509 04 19 | Faentino | | 5 | 7 | 5.03 ±0.84 |
| 6-7 | | 1591 07 10 | FORLÌ | | 6 | 6-7 | 5.19 ±0.79 |
| 5 | | 1653 08 15 | CESENA | | 3 | 5-6 | 4.51 ±0.34 |
| 7 | | 1661 03 22 12:50 | Appennino romagnolo | | 79 | 9 | 6.09 ±0.16 |
| 5 | | 1672 04 14 15:45 | Riminese | | 92 | 8 | 5.61 ±0.21 |
| 7 | | 1688 04 11 12:20 | Romagna | | 39 | 8-9 | 5.78 ±0.35 |
| 6 | | 1725 10 29 17:40 | Appennino tosco-emiliano | | 28 | 8 | 5.43 ±0.34 |
| 6 | | 1732 08 09 | FAENZA | | 3 | 6 | 4.72 ±0.34 |
| F | | 1751 07 27 01:00 | Appennino umbro-marchigiano | | 68 | 10 | 6.25 ±0.22 |
| 4-5 | | 1768 10 19 23:00 | Appennino romagnolo | | 45 | 9 | 5.87 ±0.21 |
| 4 | | 1779 06 01 23:55 | Bolognese | | 8 | | |
| F | | 1779 06 02 07:30 | Bolognese | | 3 | | |
| 5 | | 1779 06 04 07:00 | Bolognese | | 13 | 7 | 5.24 ±0.52 |
| 3 | | 1779 06 10 08:35 | Bolognese | | 10 | | |
| 3 | | 1779 07 14 19:30 | Bolognese | | 17 | | |
| F | | 1779 11 23 18:30 | Bolognese | | 14 | 5 | 4.99 ±0.31 |
| 7-8 | | 1781 04 04 21:20 | Romagna | | 96 | 9-10 | 5.94 ±0.17 |
| 7 | | 1781 07 17 09:40 | Romagna | | 46 | 8 | 5.58 ±0.26 |
| 4 | | 1786 12 25 01:00 | Riminese | | 91 | 8 | 5.62 ±0.17 |
| 7 | | 1813 09 21 07:45 | Romagna centrale | | 12 | 7 | 5.27 ±0.94 |
| 5 | | 1828 10 08 22:30 | Romagna meridionale | | 8 | 5-6 | 4.35 ±0.72 |
| 6-7 | | 1861 10 16 | FORLÌ | | 10 | 6-7 | 5.10 ±0.48 |
| 6 | | 1870 10 30 18:34 | Romagna | | 41 | 8 | 5.58 ±0.27 |
| 2-3 | | 1874 10 07 | IMOLESE | | 60 | 7 | 5.02 ±0.18 |
| 5-6 | | 1875 03 17 23:51 | Romagna sud-orientale | | 144 | | 5.93 ±0.16 |
| 3 | | 1881 02 12 | RUSSI | | 14 | 5-6 | 4.95 ±0.39 |
| 6 | | 1887 09 30 15:55 | Faenza | | 10 | 5 | 4.33 ±0.50 |
| NF | | 1897 12 18 07:24:20 | Appennino umbro-marchigiano | | 132 | 7 | 5.13 ±0.14 |
| NF | | 1904 02 25 18:47:50 | Reggiano | | 62 | 6 | 5.05 ±0.18 |
| NF | | 1904 11 17 05:02 | Pistoiese | | 204 | 7 | 5.15 ±0.14 |
| 6 | | 1909 01 13 00:45 | BASSA PADANA | | 799 | 6-7 | 5.53 ±0.09 |
| 6 | | 1911 02 19 07:18 | Romagna meridionale | | 181 | 7 | 5.28 ±0.11 |
| 3 | | 1911 03 26 20:20:50 | Eremo di Camaldoli | | 6 | 6 | 4.71 ±0.46 |
| 5 | | 1913 07 21 22:35 | VALLE DEL LAMONE | | 43 | 5-6 | 4.78 ±0.19 |
| 5 | | 1914 10 27 09:22:36 | Garfagnana | | 618 | 7 | 5.76 ±0.09 |
| 5 | | 1916 05 17 12:49:50 | Alto Adriatico | | 132 | | 5.95 ±0.14 |
| 4 | | 1916 06 16 01:27 | Alto Adriatico | | 17 | | |
| 5 | | 1918 08 16 07:06 | Alto Adriatico | | 257 | | 6.14 ±0.14 |
| 5-6 | | 1918 11 10 15:12:28 | Appennino romagnolo | | 187 | 9 | 5.88 ±0.11 |
| 5 | | 1919 06 29 15:06:12 | Mugello | | 566 | 10 | 6.29 ±0.09 |
| 4 | | 1920 09 07 05:55:40 | Garfagnana | | 750 | 10 | 6.48 ±0.09 |
| F | | 1924 01 02 08:55:08 | Medio Adriatico | | 76 | 7-8 | 5.36 ±0.16 |
| 4 | | 1929 04 10 05:43:12 | Bolognese | | 87 | 7 | 5.03 ±0.13 |
| 3 | | 1929 04 11 00:56:08 | Bolognese | | 10 | | 5.02 ±0.37 |
| 2-3 | | 1929 04 19 04:15:22 | Bolognese | | 82 | | |
| 3 | | 1929 04 20 01:09:46 | Bolognese | | 109 | 7 | 5.34 ±0.13 |
| 4 | | 1929 07 18 21:01:58 | Mugello | | 56 | 6-7 | 5.02 ±0.17 |
| 4 | | 1930 10 30 07:13:13 | SENIGALLIA | | 263 | 8 | 5.81 ±0.09 |
| 4-5 | | 1931 04 05 13:34 | Faentino | | 14 | 6 | 4.80 ±0.25 |
| 3-4 | | 1931 09 05 01:25:53 | Mugello | | 28 | 6 | 4.80 ±0.22 |
| 6 | | 1934 11 30 02:58:19 | Alto Adriatico | | 51 | | 5.34 ±0.17 |
| 6 | | 1935 06 05 11:48:02 | Faentino | | 27 | 6 | 5.16 ±0.25 |
| 4 | | 1936 10 18 03:10:12 | BOSCO CANSIGLIO | | 267 | 9 | 6.12 ±0.09 |
| 3 | | 1951 05 15 22:54 | LODIGIANO | | 154 | 6-7 | 5.39 ±0.14 |
| 4 | | 1952 07 04 20:35:12 | Appennino romagnolo | | 64 | 7 | 4.99 ±0.18 |
| 3 | | 1956 04 28 03:00:03 | Appennino tosco-emiliano | | 75 | 6 | 4.77 ±0.14 |
| 4 | | 1956 05 26 18:39:57 | Appennino romagnolo | | 79 | 7 | 4.99 ±0.15 |
| 2 | | 1956 06 03 01:45:57 | Appennino romagnolo | | 62 | | |
| 3 | | 1957 04 17 02:22:36 | S. SOFIA | | 14 | 6 | 4.71 ±0.22 |
| 2 | | 1960 10 29 00:08:39 | Mugello | | 69 | 7 | 4.97 ±0.15 |
| 3 | | 1963 07 19 05:45:28 | Mar Ligure | | 463 | | 6.02 ±0.14 |
| 3-4 | | 1980 11 23 18:34:52 | Irpinia-Basilicata | | 1394 | 10 | 6.89 ±0.09 |
| 2-3 | | 1983 11 09 16:29:52 | Parmense | | 850 | 6-7 | 5.05 ±0.09 |
| 2-3 | | 1984 04 29 05 02:50 | GUBBIO/ALFABBRICA | | 709 | 7 | 5.65 ±0.09 |
| NF | | 1986 12 06 17:07:20 | BONDENO | | 604 | 6 | 4.61 ±0.10 |
| 5-6 | | 2000 05 06 22:07:04 | Emilia Romagna | | 84 | 5 | 4.17 ±0.09 |
| 5-6 | | 2000 05 08 12:29:56 | Emilia Romagna | | 126 | 5 | 4.66 ±0.09 |
| 5-6 | | 2000 05 10 16:52:12 | Emilia Romagna | | 151 | 5-6 | 4.86 ±0.09 |
| 4 | | 2003 01 28 19:57:03 | Forlivese | | 35 | 6 | 4.70 ±0.09 |
| 3-4 | | 2003 01 26 20:15:03 | Forlivese | | 72 | | 4.56 ±0.09 |
| 4-5 | | 2003 09 14 21:42:53 | Appennino bolognese | | 133 | 6 | 5.29 ±0.09 |

Tab. 1: Elenco dei terremoti significativi per il Comune di Faenza e macrointensità stimata (fonte INGV, database Macrosismico Italiano 2011). In evidenza gli eventi con IMCS>6

In base alla più recente zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9 (fig. 3), prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 (Meletti C. & Valensise, 2004), il territorio del Comune di Faenza ricade principalmente all'interno della zona-sorgente 914, descritta come "...la porzione più esterna dell'arco appenninico settentrionale", la cui sismicità "...sembra evidenziare un andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po)"; mentre la parte settentrionale del territorio amministrativo ricade nella zona-sorgente 912. Entrambe le zone sono caratterizzate da un valore di $M_{w_{max}}$ pari a 6,14.

I principali terremoti sono compressivi e trascorrenti, con profondità ipocentrale generalmente compresa nei primi 25 km di profondità (da Boccaletti et al. 2004; DISS Working Group, 2007).

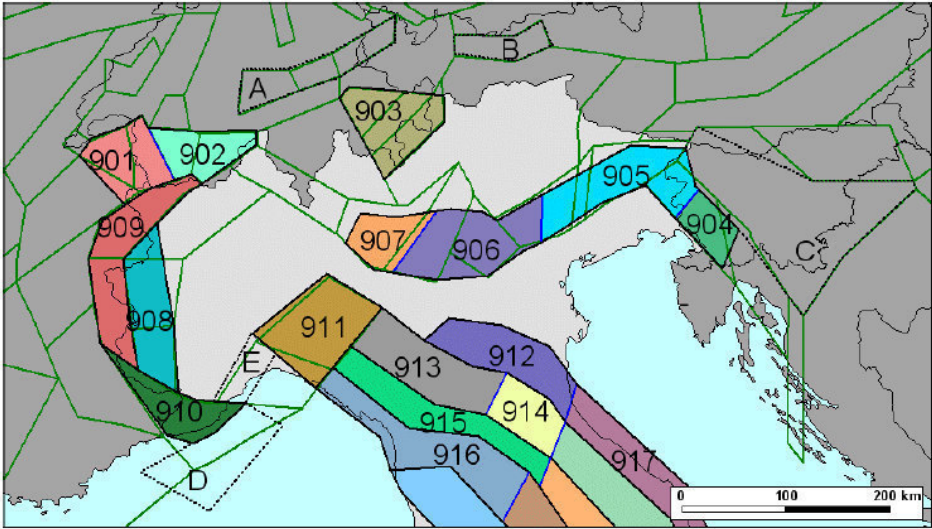


Fig. 2: Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia (Meletti C. & Valensise, 2004)

Facendo riferimento al database delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS version 3 (fig. 4), il Comune di Faenza risulta attraversato da sorgenti sismogenetiche composite che derivano dal sistema di faglie del margine avanzato e sepolto dell'arco appenninico. Il terremoto storico del 1781, che ha prodotto i massimi effetti di danno registrati storicamente nel Comune di Faenza, è associato alla sorgente ITCS001 "Castel San Pietro Terme-Meldola", estesa in corrispondenza della fascia collinare pedeappenninica, collocata ad una profondità compresa tra 2 e 8 km, con slip rate compreso tra 0,24 e 0,63 mm/anno, a cui è associata una magnitudo massima $M_w = 5.8$.

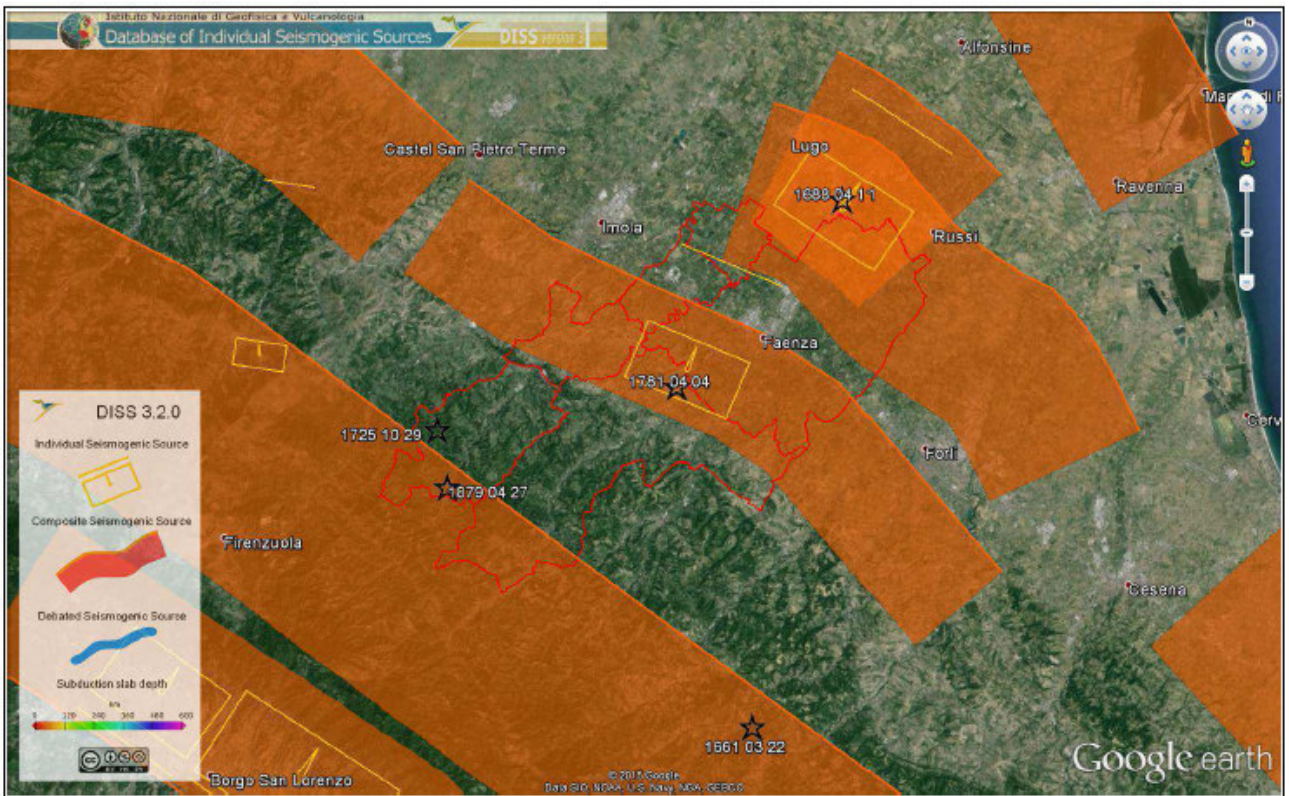


Fig. 3: Le sorgenti sismogenetiche del Database DISS version 3 (fonte INGV, DISS Working Group 2015)

Gli indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica di cui alla D.A.L. 112/2007 sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione ha effettuato a partire dagli anni '70 del secolo scorso e assumendo come riferimento, per gli studi applicati alla pianificazione territoriale, la pericolosità di base elaborata da INGV (O.P.C.M. 3519/2006). Tali indirizzi forniscono dati fondamentali per la valutazione semplificata dell'amplificazione locale e per valutazioni più approfondite della risposta sismica. Sulla base di questi dati è possibile calcolare, per ogni Comune, gli accelerogrammi e lo spettro di risposta riferito ad un periodo di ritorno di 475 anni e ad uno smorzamento pari al 5%, nonché i valori di PGA normalizzati e riferiti al suolo rigido. Per il Comune di Faenza, la PGA di riferimento su suolo rigido attribuita dalla Regione (Allegato A4 D.A.L. 112/2007) risulta **0,205g**. Questo valore unico è calcolato mediando i dati di INGV alla scala nazionale (Gruppo di lavoro MPS04, 2004), sintetizzati nella Mappa di Pericolosità sismica nazionale MPS04 (fig. 5), che descrive anch'essa la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido e pianeggiante, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, i cui valori però sono riferiti ad ogni punto di una griglia di calcolo costruita sul territorio nazionale con una densità di circa un punto ogni 5 km. Tale mappa è diventata riferimento ufficiale per il territorio nazionale con l'O.P.C.M. 3519/2006.

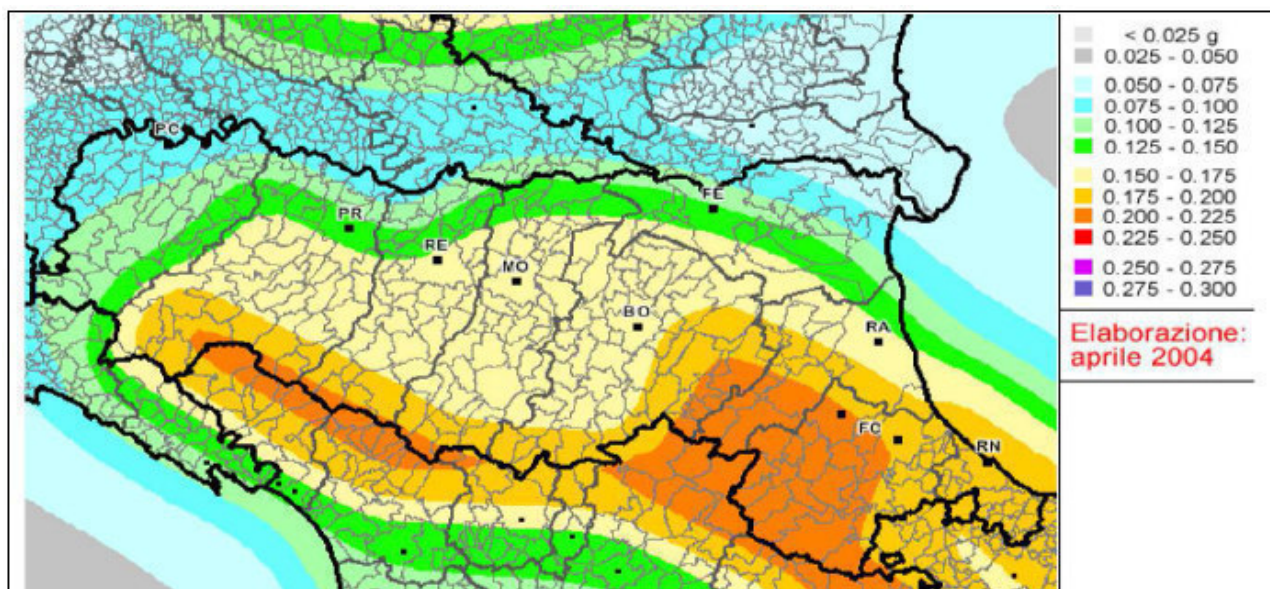


Fig. 4: stralcio della Mappa di Pericolosità Sismica nazionale; pericolosità sismica di base: valori di PGA al suolo rigido con 10% di possibilità di superamento in 50 anni (fonte OPCM 3519/2006)

2. La pericolosità sismica elaborata per il PSC 2009

Il Comune di Faenza dispone di uno studio di pericolosità sismica di primo e secondo livello elaborato per il Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale in forma associata (PSC 2009). Lo studio si basa sugli esiti delle indagini disponibili all'epoca del lavoro e rappresenta uno dei primi lavori di microzonazione sismica in Regione elaborati ai sensi della D.A.L. n. 112/2007. È stata inizialmente prodotta una preliminare cartografia che individua le aree suscettibili di effetti locali e che risponde solo parzialmente ai criteri di approfondimento di primo livello dettati negli indirizzi regionali. Con la carta della pericolosità sismica locale del PSC associato (fig. 5) è stata elaborata una zonizzazione del territorio in termini di pericolosità sismica connessa alla natura dello strato di fondazione di fabbricati e infrastrutture, prendendo come riferimento le Categorie di suolo di fondazione delle NTC 2008.

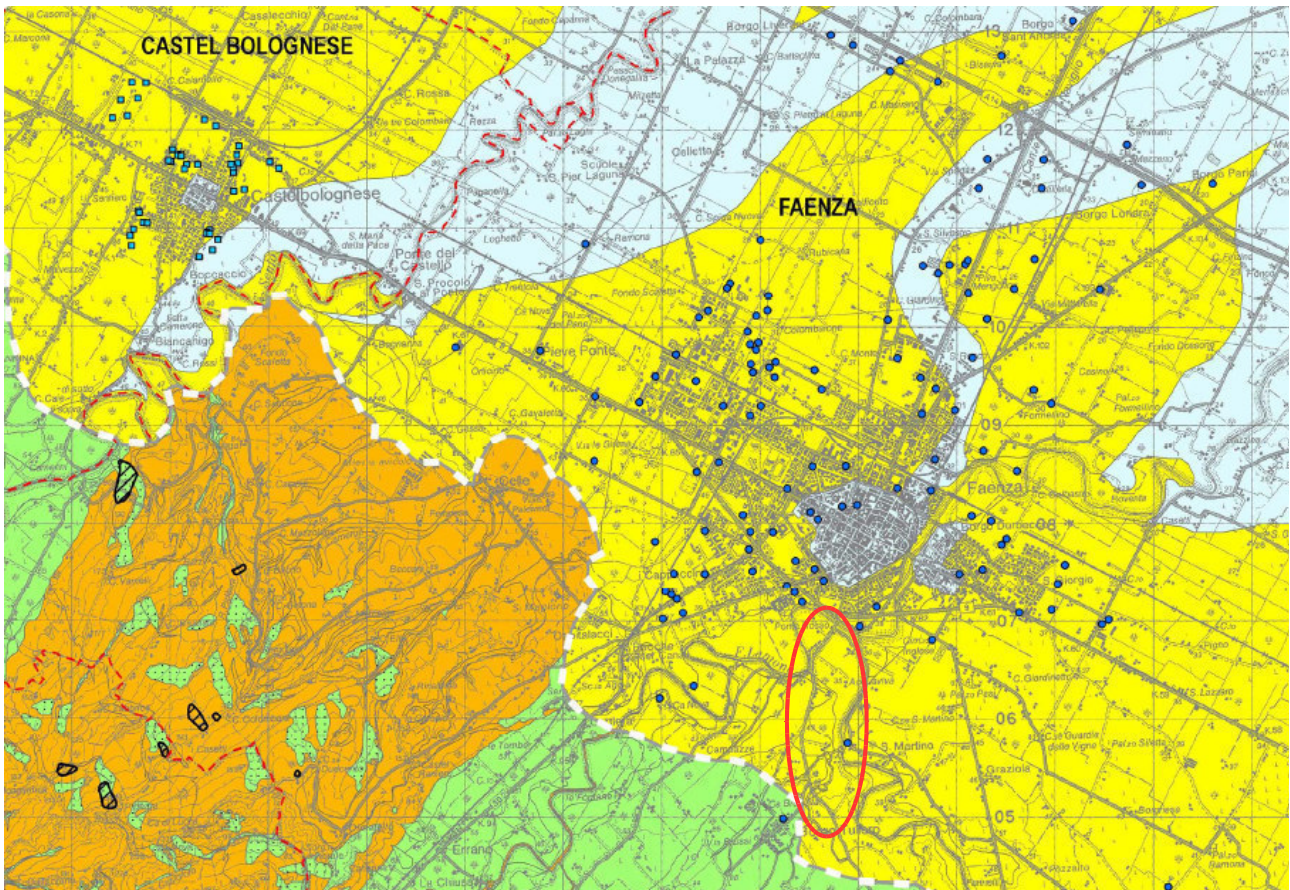


Fig. 5: stralcio della carta della pericolosità sismica locale (fonte: PSC 2009 Quadro Conoscitivo tav. B.3.2). Cerchiata in rosso l'area in cui si sviluppa la nuova pista.

Il tracciato della pista oggetto di Variante ricade nella Categoria di suolo di fondazione C (colore giallo), che in legenda è descritto come “*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/c (15<Nspt>50, 70<Cu>250kPa)*”.

La carta della pericolosità sismica locale, pur rispondendo solo parzialmente agli indirizzi di cui alla D.A.L. 112/2007 in merito al primo livello di approfondimento, ha però di fatto rappresentato la base per l'esecuzione di ulteriori indagini di approfondimento per la microzonazione sismica. Nel Comune di Faenza sono stati realizzati sondaggi a carotaggio continuo, penetrometrie, stendimenti MASW e prove in foro Down-Hole, allo scopo di redigere una cartografia di microzonazione sismica degli ambiti urbani consolidati e di potenziale espansione (secondo livello di approfondimento), basata sui criteri di stima dei fattori di amplificazione contenuti nella D.A.L. 112/2007 e sui dati di carattere geognostico e geofisico forniti dalle indagini. I risultati sono stati sintetizzati in mappe di dettaglio alla scala 1:10.000 del capoluogo e delle frazioni, che individuano zone a differente pericolosità sismica in termini di amplificazione sismica (fig. 6), considerando come fattore di amplificazione rappresentativo il solo rapporto di intensità spettrale di Housner (SI) per un intervallo di periodi compreso tra 0,1 e 0,5 secondi (per un Tr pari a 475 anni e smorzamento 5%), in quanto, in questo intervallo, è compreso oltre il 90% degli edifici esistenti o di previsione. Sempre con riferimento alla D.A.L. 112/2007, si è proceduto all'individuazione delle aree in cui si evidenzia la necessità del terzo livello di approfondimento (tratteggio obliquo sulla carta).

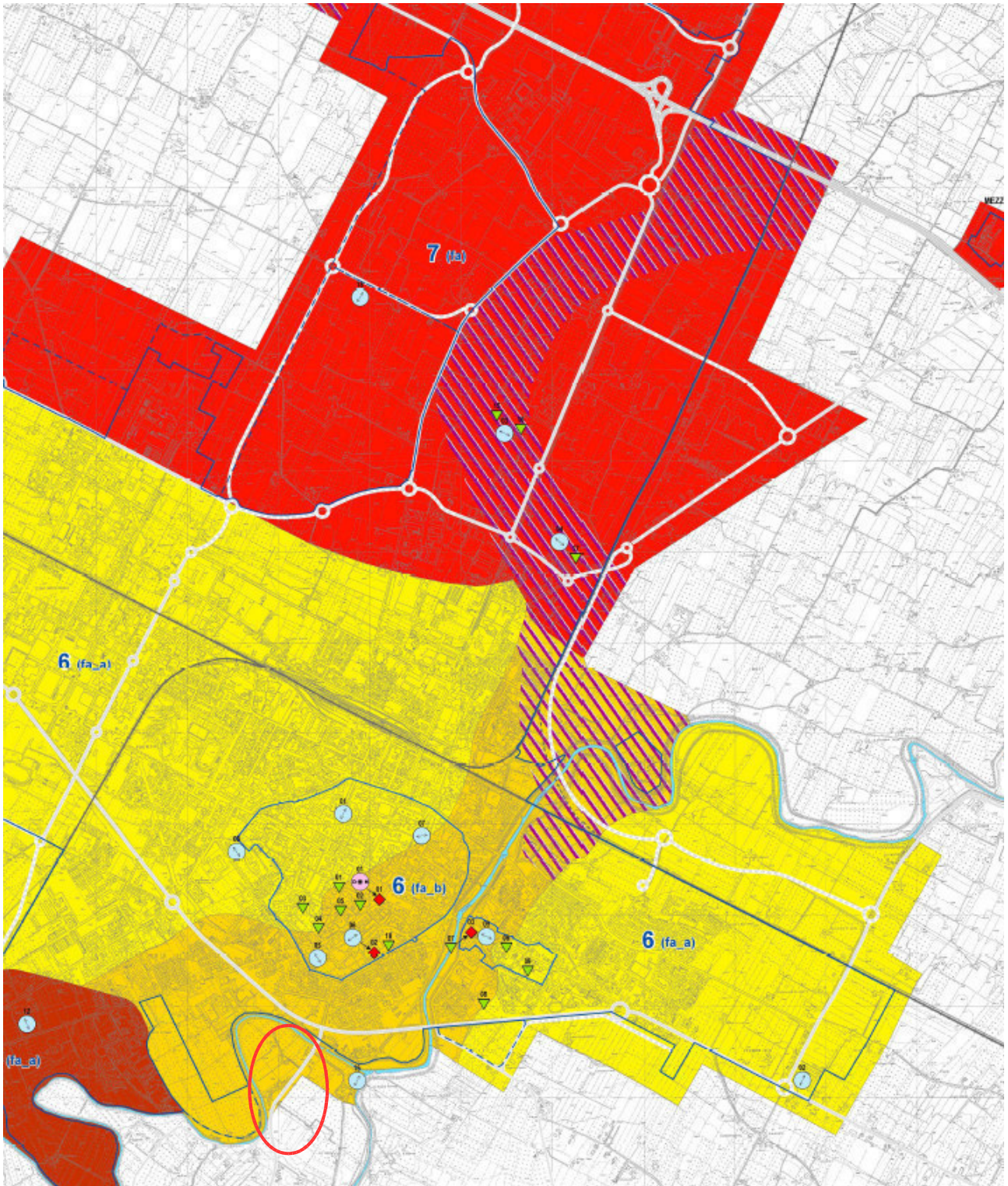


Fig. 6: stralcio della carta di microzonazione sismica del Comune di Faenza - capoluogo (fonte: PSC 2009 Quadro Conoscitivo tav. B.3.3.1.b). Cerchiato in rosso il tratto della pista ricadente nel perimetro oggetto degli Studi di Microzonazione sismica del Comune di Faenza.

Nella microzonazione sismica degli ambiti urbani elaborata nel Quadro Conoscitivo del PSC 2009, il tratto di nuova pista ricadente nel perimetro oggetto degli studi ricade nella seguente zona:

Zona di amplificazione stratigrafica **6 (fa_b) FA (0,1-0,5s) = 1,7** "ambito di conoide terrazzato e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), poggianti a profondità variabili tra 5/15 m su ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7) (zona urbana di Faenza p.p.)".

3. Studi di Microzonazione sismica 2015 (con approfondimenti di terzo livello)

Nel 2013 l'Unione della Romagna Faentina è risultata destinataria di contributi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica del territorio di propria competenza. Tali contributi sono stati finanziati con l'Ordinanza C.D.P.C. 52/2013 e attuati dalla Regione Emilia-Romagna con Deliberazione della Giunta Regionale n. 1919/2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile 52/13 a favore degli Enti locali". Per il Comune di Faenza, il contributo è stato destinato all'elaborazione di approfondimenti di "livello 3" e a un **complessivo aggiornamento del precedente studio di microzonazione del PSC 2009**, per la necessità di fornire elaborati con contenuti informativi molto diversi e aggiuntivi rispetto a quanto già disponibile, in adeguamento ai contenuti dell'Allegato C della citata Deliberazione della Giunta Regionale n. 1919/2013 e agli attuali standard di archiviazione informatica:

- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 3.0", redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2013);
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (Gruppo di lavoro MS, 2008; AA.VV., 2011).

Gli studi sismici di "livello 3" relativi al Comune di Faenza sono già stati ultimati, tuttavia sono ancora in fase di valutazione da parte del SGSS regionale. Si precisa che tali studi sono basati sui dati di sottosuolo pregressi e su ulteriori e specifiche indagini geognostiche e geofisiche (campagna misure di microtremore a stazione singola, prove ESAC e "Down-Hole, penetrometrie CPTU, prove di laboratorio su campioni di sedimenti indisturbati prelevati da sondaggio a carotaggio, ecc.), per un totale di 373 indagini, archiviate in apposito database che costituisce l'archivio aggiornato delle indagini per il Comune di Faenza, a cui vanno aggiunti i dati numerici a disposizione relativi alle penetrometrie CPTU eseguite dalla RER nell'ambito del "Progetto Carta Geologica d'Italia".

I dati di sottosuolo hanno consentito di espletare importanti approfondimenti relativamente ai seguenti effetti cosismici:

- risposta sismica locale (amplificazione) → attraverso l'elaborazione di modelli numerici monodimensionali di RSL elaborati con il noto software SHAKE 2000;
- verifiche della liquefacibilità dei sedimenti granulari e poco coesivi saturi → mediante approcci semplificati da prove penetrometriche CPTU (Idriss & Boulanger, 2008) e prove dinamiche di laboratorio (taglio semplice ciclico).

Nell'ambito dello studio di microzonazione sismica per il Comune di Faenza sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle indagini
- Carta geologico-tecnica
- Carta delle frequenze naturali dei terreni
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MOPS
- Carta delle velocità delle onde di taglio Vs
- Carta della microzonazione sismica.

Nelle pagine seguenti è indicata l'ubicazione del tratto della nuova pista ricadente nel perimetro di studio, rispetto alle zonizzazioni prodotte sulle carte di microzonazione sismica del 2015, ribadendo che il restante tratto, essendo in territorio rurale, non rientrava nelle zone oggetto degli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica a scala comunale.

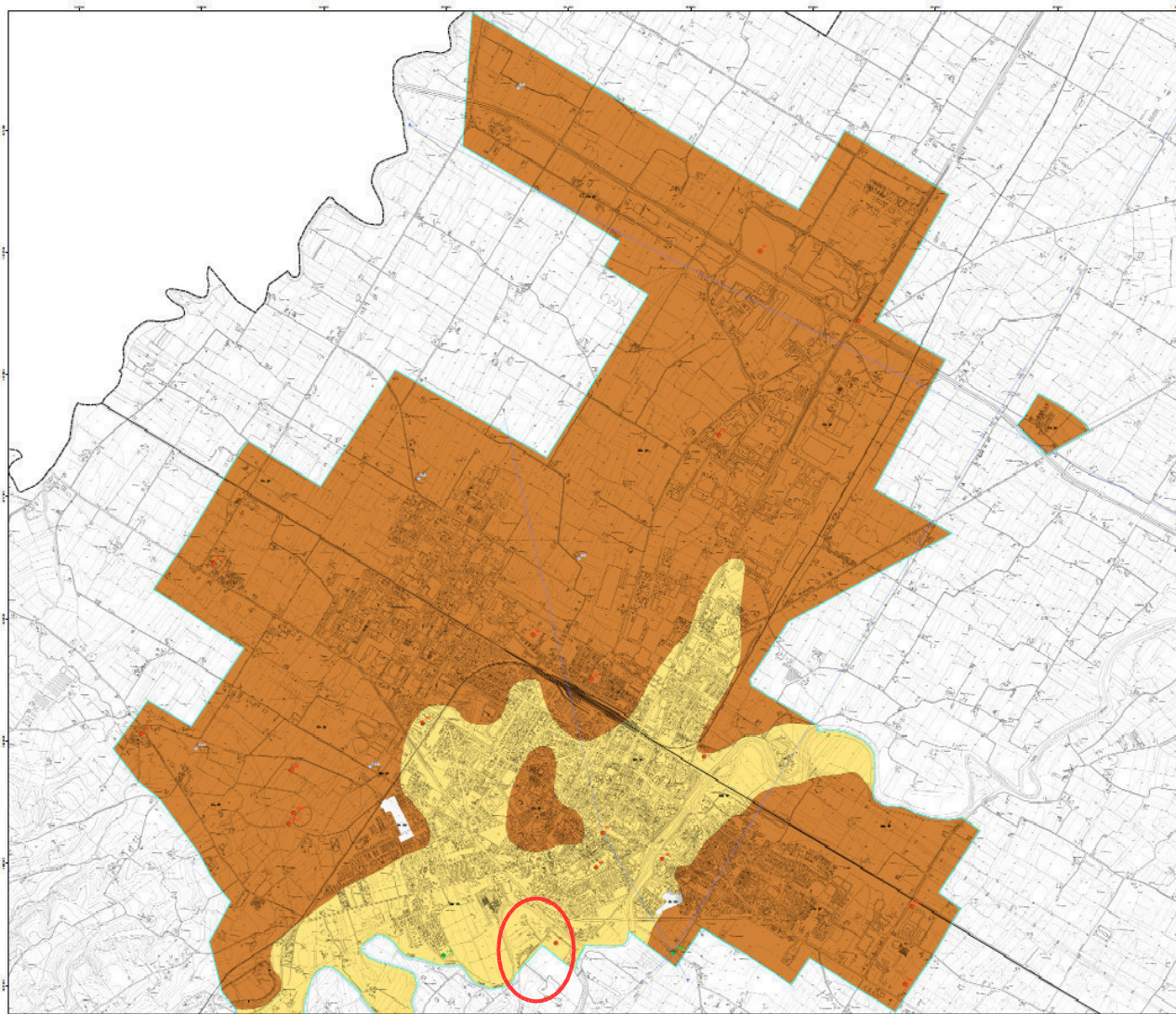


Fig. 7: stralcio della Carta geologico-tecnica del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Milioto A., 2015, tav2d1).

| | |
|--------|---|
| GRS-SF | Substrato geologico granulare cementato stratificato, molto alterato. |
| RI | Terreni contenenti resti di attività antropica (ri). |
| SW | Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf) |
| SM | Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf) o di argine/barre/canali (es). |
| SC | Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla. Ambiente deposizionale di argine/barre/canali (es). |
| ML | Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: limi inorganici, sabbie fini limose o argillose e limi argillosi di bassa plasticità. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf) o di piana inondabile (pi). |
| CL | Tessiture prevalenti nei primi metri: Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille limose e argille sabbiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf) o piana inondabile (pi). |

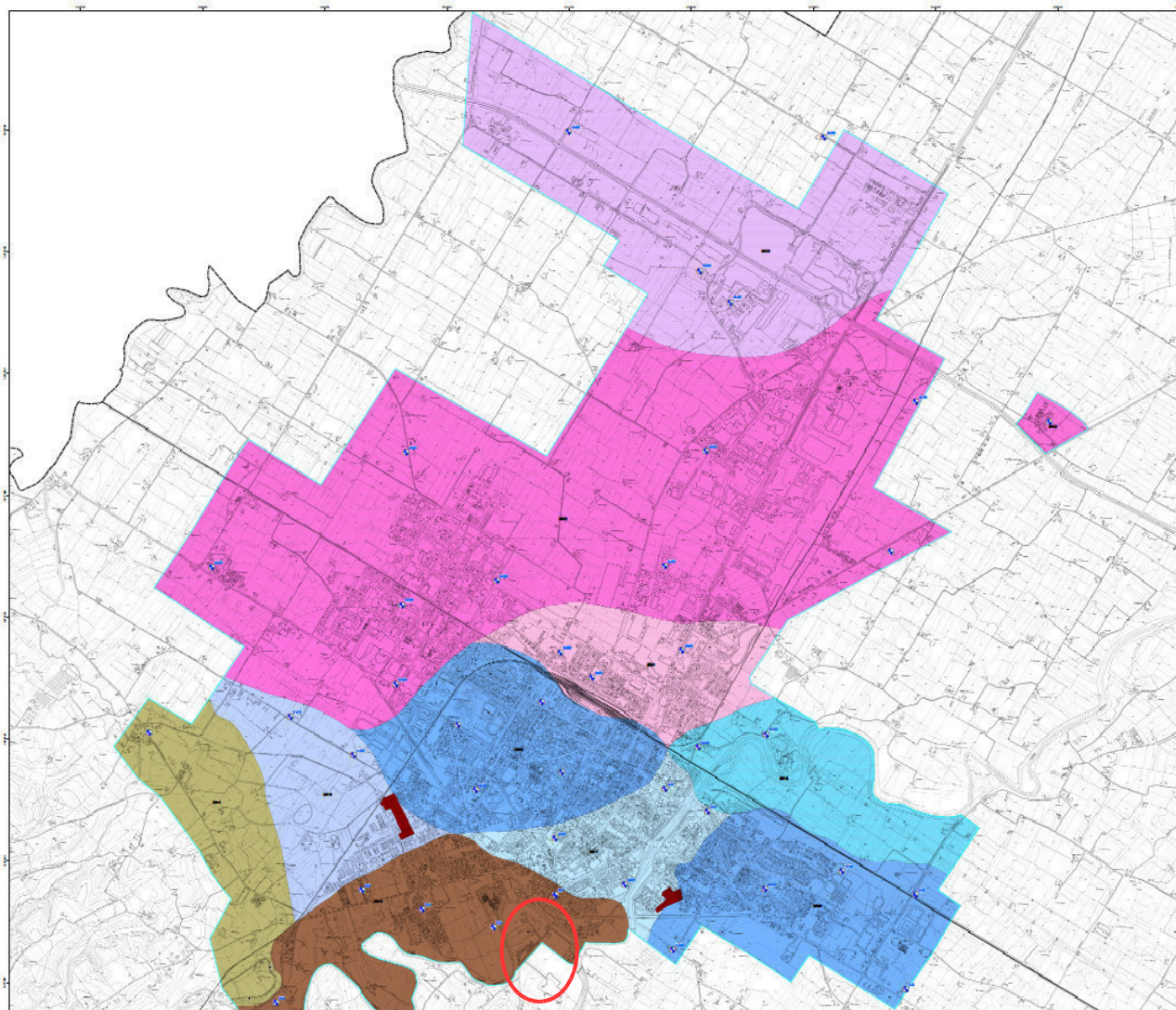


Fig. 8: stralcio della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MOPS del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Millioto A., 2015, tav4_d1_MS_01).

| | |
|------|--|
| 2014 | Zona 2014 - Piana terrazzata con successioni di alluvioni fini consistenti e variamente ghiaiose (AES5, AES6). Substrato sismico alluvionale e/o marino "non rigido" (Argille Azzurre, Sabbie Gialle) a profondità < 120 m (Pianura 1). |
| 2015 | Zona 2015 - Piana terrazzata intravalliva con successioni di alluvioni fini scarsamente consistenti e parzialmente ghiaiose (AES7, AES8), sovrastanti substrato marino "non rigido" e "detensionato" (Argille Azzurre). Spessore coperture: H=20 m (alluvioni + bedrock alterato). |
| 2016 | Zona 2016 - Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7, AEI). Spessore coperture: H=15 m (alluvioni). |
| 2017 | Zona 2017 - Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7, AEI). Spessore coperture: H=20 m (alluvioni). |
| 2018 | Zona 2017 - Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie a profondità variabili tra 15-20 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità = 120 m (Pianura 2). |
| 2019 | Zona 2019 - Conoide terrazzata con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti e parzialmente ghiaiose (AES8), sovrastanti ghiaie sabbiose a profondità variabili tra 10-20 m. Substrato sismico alluvionale e/o marino "non rigido" (Argille Azzurre, Sabbie Gialle) a profondità < 120 m (Pianura 1). |
| 2020 | Zona 2020 - Conoide terrazzata con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti (AES8), sovrastanti ghiaie e/o ghiaie sabbiose a profondità variabili tra 10-20 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità = 120 m (Pianura 2). |
| 2021 | Zona 2021 - Conoide terrazzata con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti (AES8), sovrastanti ghiaie e/o sabbie a profondità variabile tra 15-25 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità ≥ 120 m (Pianura 2). |
| 2022 | Zona 2022 - Media e bassa pianura con successioni di alluvioni prevalentemente fini (AES8, AES8a), con locali intervalli di sabbie e/o sabbie ghiaiose nei primi 25 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità ≥ 120 m (Pianura 2). |
| 2023 | Zona 2023 - Bassa pianura con successioni di alluvioni prevalentemente fini (AES8, AES8a) con locali intervalli di sabbie nei primi 30 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità = 120 m (Pianura 2). |
| 2024 | Zona 2024 - Paleodosso fluviale con successione spessa maggiore di 30 m di alluvioni fini più o meno consistenti (AES8, AES8a). Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità = 120 m (Pianura 2). |

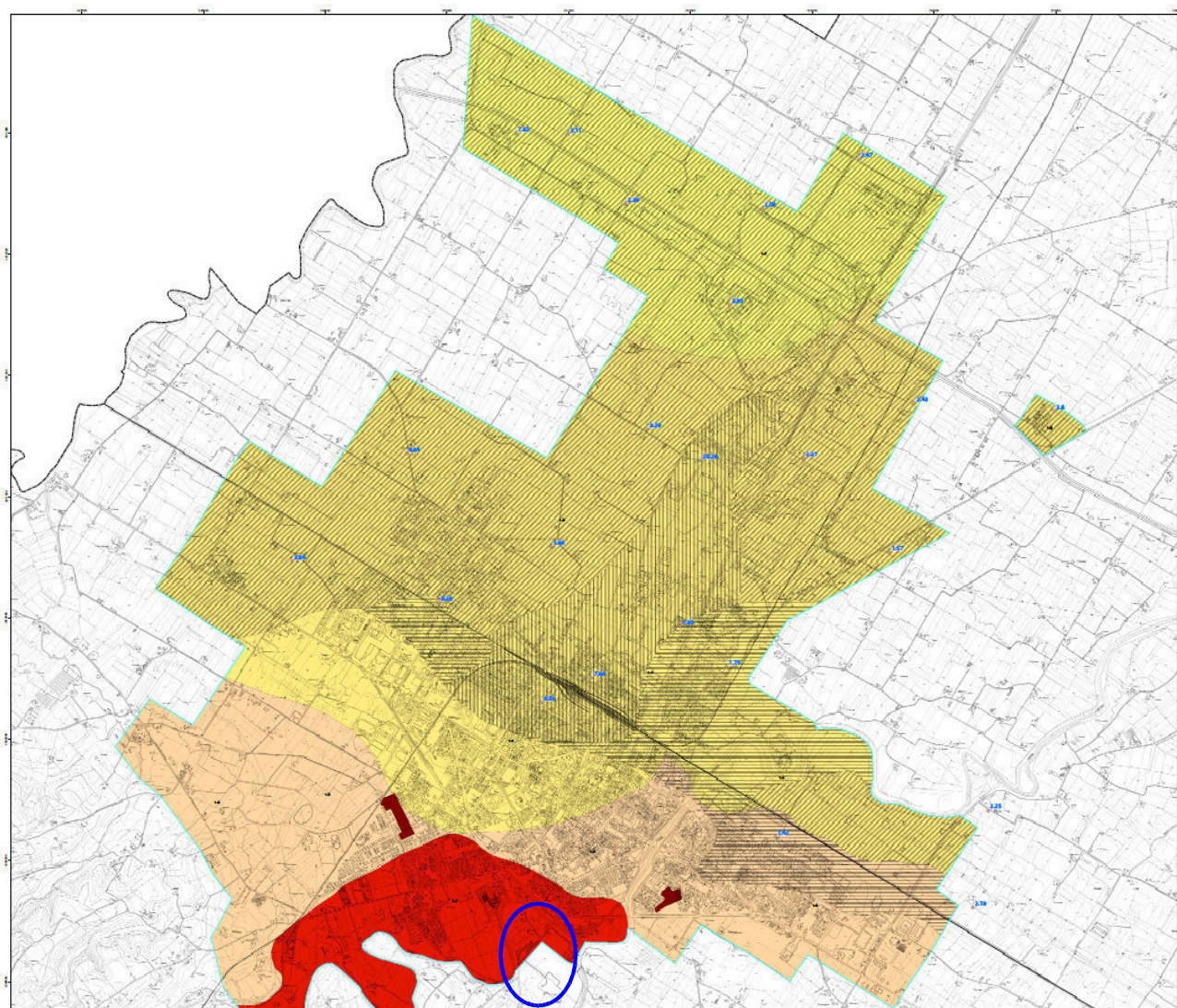












Fig. 9: stralcio della Carta di microzonazione sismica – livello 3 del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Milioto A., 2015, tav6_d1_MS_03).

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

| | |
|---|----------------------|
|  | Fa (PGA) = 1.1 - 1.2 |
|  | Fa (PGA) = 1.3 - 1.4 |
|  | Fa (PGA) = 1.5 - 1.6 |
|  | Fa (PGA) = 1.7 - 1.8 |
|  | Fa (PGA) = 1.9 - 2.0 |
|  | Fa (PGA) = 2.1 - 2.2 |
|  | Fa (PGA) = 2.3 - 2.4 |
|  | Fa (PGA) ≥ 2.5 |

Zone di attenzione per instabilità

| | |
|---|--|
|  | ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ($0 < IL \leq 2$) |
|  | ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ($2 < IL \leq 5$) |
|  | ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ($IL > 5$) |
|  | ZR_FR – Zona di rispetto per instabilità di versante |
|  | Sovrapposizione di Zone suscettibili di instabilità differenti: area suscettibile di cedimenti differenziali per tombamento di ex-cava |

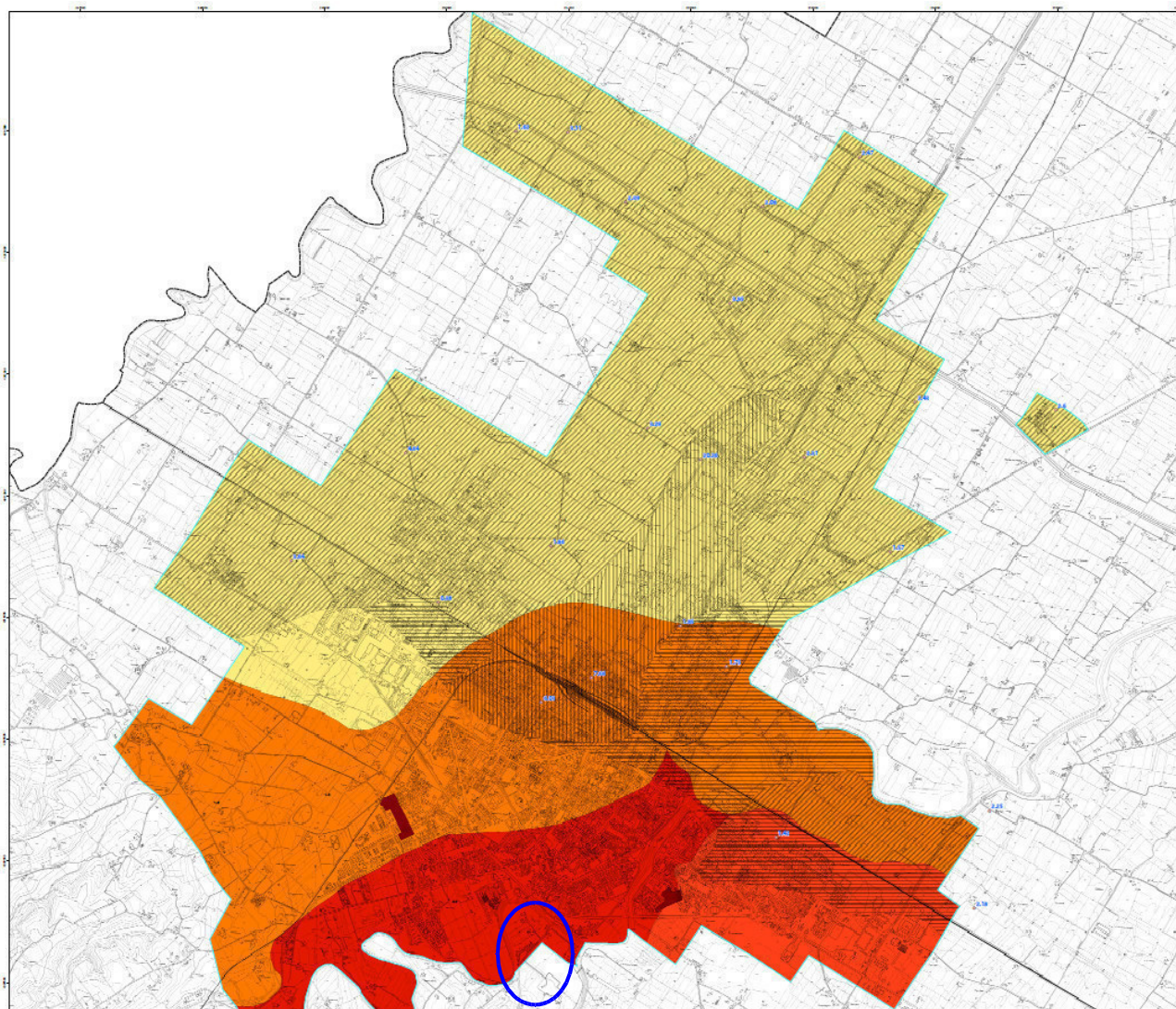















Fig. 10: stralcio della Carta di microzonazione sismica – livello 3 del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Milioto A., 2015, tav7_d1_MS_03).

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

| | |
|---|---|
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) = 1.1 - 1.2 |
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) = 1.3 - 1.4 |
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) = 1.5 - 1.6 |
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) = 1.7 - 1.8 |
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) = 1.9 - 2.0 |
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) = 2.1 - 2.2 |
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) = 2.3 - 2.4 |
|  | Fa ($SI\ 0.1s < T0 < 0.5s$) ≥ 2.5 |

Zone di attenzione per instabilità

| | |
|---|--|
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni ($0 < IL \leq 2$) |
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni ($2 < IL \leq 5$) |
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni ($IL \geq 5$) |
|  | ZR_FR - Zona di rispetto per instabilità di versante |
|  | Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti: area suscettibile di cedimenti differenziali per tombamento di ex-cava |

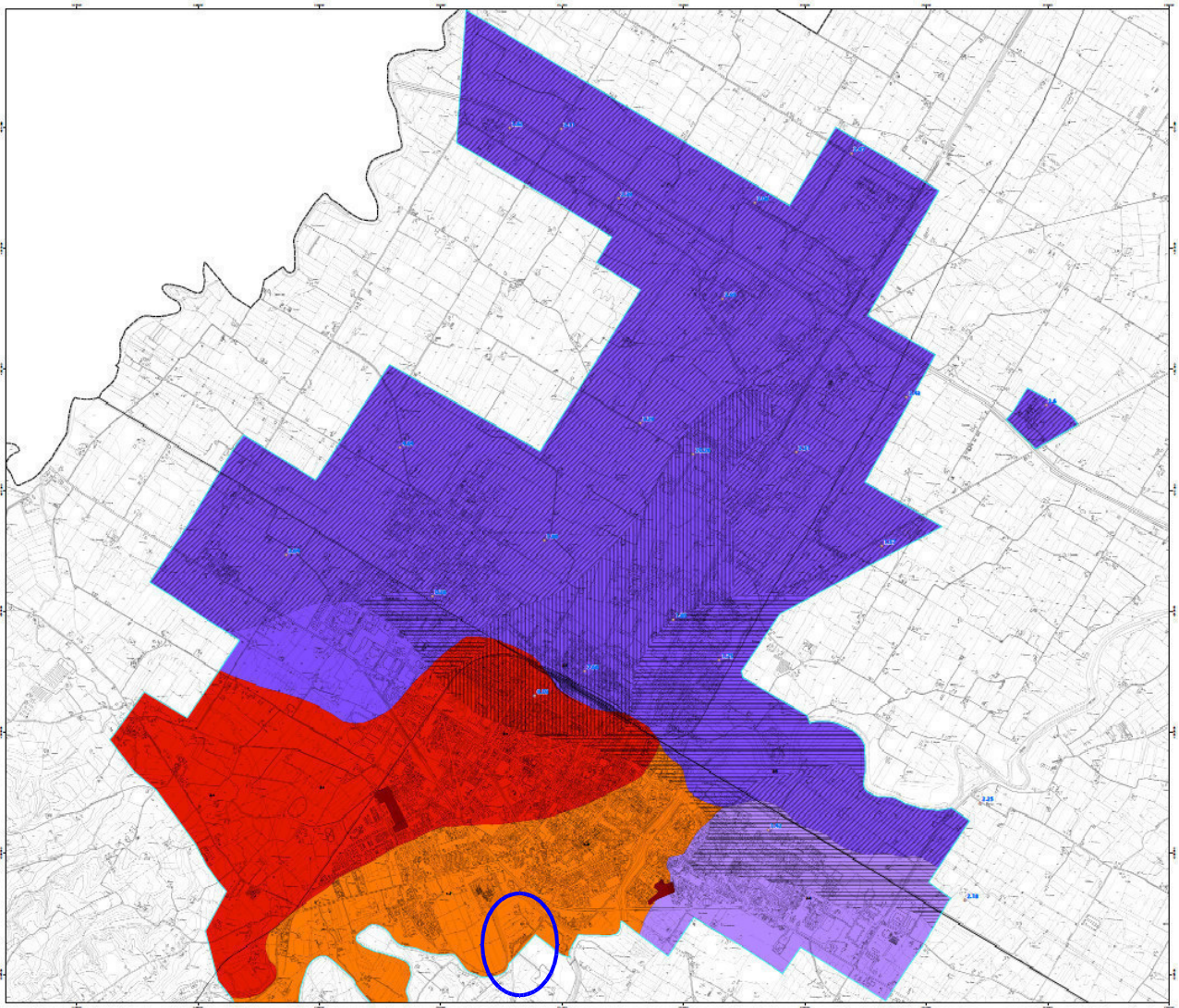















Fig. 11: stralcio della Carta di microzonazione sismica – livello 3 del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Milioto A., 2015, tav8_d1_MS_03).

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

| | |
|---|--------------------------------------|
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) = 1.1 - 1.2 |
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) = 1.3 - 1.4 |
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) = 1.5 - 1.6 |
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) = 1.7 - 1.8 |
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) = 1.9 - 2.0 |
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) = 2.1 - 2.2 |
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) = 2.3 - 2.4 |
|  | Fa (SI 0.5s < T0 < 1.0s) ≥ 2.5 |

Zone di attenzione per instabilità

| | |
|---|--|
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni (0 < IL ≤ 2) |
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni (2 < IL ≤ 5) |
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni (IL ≥ 5) |
|  | ZR_FR - Zona di rispetto per instabilità di versante |
|  | Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti: area suscettibile di cedimenti differenziali per tombamento di ex-cava |

Di seguito si riassumono i risultati degli studi di microzonazione sismica 2015 riferiti alla zona in cui ricade il primo tratto della pista ciclo-pedonale di nuova previsione:

CLASSIFICAZIONE GEOLOGICO-TECNICA:

SW tf – Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf).

MICROZONA SISMICA OMOGENEA (MOPS):

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zona 2016 – Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie e substrato alluvionale “non rigido” (AES7, AEI). Spessore coperture: H=15m (alluvioni).

MICROZONAZIONE SISMICA:

VsH15 ≈300 m/s

Amplificazioni HVSR più significative: 7.5÷9.7 hz

Amplificazione da abachi:

FA (PGA) = 2,2

FA (SI 0.1s <T 0<0.5s) = 2,2

FA (SI 0.5s <T 0<1.0s) = 1.7

LIQUEFACIBILITÀ:

Esclusa

4. Microzonazione sismica della pista ciclo-pedonale Faenza – Borgo Tuliero

Con la recente approvazione della D.G.R. 2193/2015 è stato introdotto un sostanziale aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica (D.A.L. 112/2007). Tali aggiornamenti tengono conto delle successive Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/1/2008), delle ulteriori esperienze derivate da oltre otto anni di applicazione della D.A.L. 112/2007 e delle specifiche esperienze seguite agli eventi sismici italiani di L'Aquila 2009 e della pianura emiliana del 2012. In sintesi, le principali novità contenute nella la D.G.R. 2193/2015 consistono:

- nelle rimodulazioni degli abachi di microzonazione sismica da considerarsi per le analisi semplificate (“livello 2”);
- nella definizione di un ulteriore parametro di amplificazione riferito all'intensità spettrale di Housner (per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s);
- nella definizione dell'input sismico (ag al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a 0,05° (reticolo analogo a quello previsto per le NTC 2008);
- nella predisposizione di cartografie delle frequenze naturali (per gli studi territoriali “livello 1”);
- nello stralcio degli approfondimenti di “livello 3” per la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Per quanto riguarda gli approfondimenti di “livello 3” espletati per il Comune di Faenza, si precisa che le analisi già elaborate nel 2015 risultano complessivamente coerenti con i contenuti della DGR 2193/2015 in quanto:

1. le analisi di Risposta Sismica Locale numerica approfondiscono la caratterizzazione dell'amplificazione semplificata ricavabile dagli abachi aggiornati. Tale approfondimento ha riguardato, in particolare, le microzone MOPS dal n. 2017 al n. 2023. Tutte le aree oggetto di variante sono pertanto caratterizzate da modellazione numerica di RSL (approfondimento di livello 3). Gli accelerogrammi utilizzati per le modellazioni numeriche di RSL sono stati scalati tenendo già conto del reticolo INGV, come a suo tempo concordato con il SGSS regionale. Tuttavia, non sono stati stimati i valori di FA SI per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s;
2. le verifiche di liquefazione sono state eseguite secondo i criteri metodologici congrui con gli indirizzi regionali riportati nella DGR 2193/2015, inoltre considerando gli input di scuotimento (Pga) ricavati dalla modellazione numerica di RSL.

Per quanto riguarda la pista ciclo-pedonale Faenza - Borgo Tuliero di nuova previsione, al fine di adempiere alla richiesta di integrazioni della Provincia di Ravenna, ai sensi della DGR 2193/2015 di seguito si procede alla microzonazione sismica della fascia di territorio riguardante tale infrastruttura.

Oltre ai risultati degli studi di microzonazione sismica 2015 e ai relativi dati geognostici e geofisici di archivio, i dati utilizzati per la presente elaborazione, riportati sulla *Carta delle indagini*, sono quelli relativi alla campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguiti per la relazione geologica della pista ciclo-pedonale (Allegato E della Variante RUE), ovvero:

- n. 7 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU)
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM)
- n. 2 indagini geofisiche condotte con metodologia integrata Re.Mi-HVSR

per le quali si fa esplicito riferimento al report delle indagini (allegato n. 5) contenuto della relazione geologica di riferimento.

Il contesto geologico descritto nella relazione geologica e i dati delle indagini geognostiche di nuova esecuzione, hanno permesso di confermare, anche per la zona di realizzazione della pista ciclo-pedonale Faenza – Borgo Tuliero, la classificazione e la modellazione del sottosuolo finalizzata alla caratterizzazione sismica proposta negli studi di M.S. 2015 per la zona sud di Faenza e l'abitato di Borgo Tuliero (*Carta geologico-tecnica*). Per quanto riguarda le frequenze naturali dei terreni, i dati degli studi di M.S. 2015 sono stati integrati con le misurazioni effettuate nella campagna di indagini geofisiche di cui sopra (*Carta delle frequenze naturali dei terreni*).

Il nuovo tratto di pista ciclo-pedonale è previsto in una porzione di territorio che non evidenzia situazioni di criticità geologiche (aree suscettibili di liquefazione o densificazione, aree di versante instabili o potenzialmente instabili, ecc.); dal punto di vista sismico può essere suddiviso in 3 principali zone stabili suscettibili di amplificazione (*Carta delle aree suscettibili di effetti locali*):

- **ZONA 1** (tratto nord - equivalente alla zona 2016 degli studi M.S. 2015): settore di margine appenninico con spessori di sedimenti prevalentemente fini (< 30 m) sovrastanti ghiaie (Margine tipo A). Le indagini consentono di considerare uno spessore di maggiore amplificazione pari a circa 15 m ($V_sH_{15} = 300$ m/s).

- **ZONA 2** (tratto intermedio - equivalente alla zona 2014 degli studi M.S. 2015): settore di margine appenninico caratterizzato da spessori di terreni fini > 30 m con alternanze di ghiaie fino al substrato marino sottostante (Margine tipo B - $V_{s30} = 350$ m/s).
- **ZONA 3**: equivalente alla ZONA 1 ma con spessori medi dei sedimenti fini stimati intorno ai 20 m e $V_{sH20} = 250$ m/s.

Gli spessori H considerati della ZONA 1 e della ZONA 3 si basano sugli esiti delle indagini geofisiche (picchi HVSR e distribuzione delle Vs da prove RE.MI). In particolare sono state calcolate le Vs equivalenti riferite ai due spessori considerati V_{sH15} e V_{sH20} :

ZONA 1 (Re.Mi.1/HVSR-1): $V_{s30} = 362$ m/s, picco H = 16, $V_{sH16} = 289$ m/s → Margine Tipo A, H = 15, $V_{sH15} = 300$ m/s

ZONA 3 (Re.Mi.2/HVSR-2): $V_{s30} = 259$ m/s, picco H = 18, $V_{sH18} = 224$ m/s → Margine Tipo A, H = 20, $V_{sH20} = 250$ m/s

Per la ZONA 2 si è fatto riferimento ai dati relativi alla zona “2014” degli studi M.S. 2015:

ZONA 2: $V_{s30} = 350$ m/s → Margine Tipo B

Ai sensi della D.G.R. 2193/2015, sulla base di questa suddivisione in zone M.O.P.S., è dunque possibile stimare con modalità semplificata l'amplificazione sismica attraverso l'utilizzo degli abachi (Allegato A2 della D.G.R. n. 2193/2015).

ZONA 1:

Classificazione geologico-tecnica: SW tf – Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf).

H = 15 m; $V_{sH15} = 300$ m/s

Abaco utilizzato: MARGINE di tipo A

Fa PGA = 1,8

Fa SI1 ($0,1s \leq T_0 \leq 0,5s$) = 1,9

Fa SI2 ($0,5s \leq T_0 \leq 1,0s$) = 2,0

ZONA 2:

Classificazione geologico-tecnica: SW tf – Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf).

H = 30 m; $V_{s30} = 350$ m/s

Abaco utilizzato: MARGINE di tipo B

Fa PGA = 1,6

Fa SI1 ($0,1s \leq T_0 \leq 0,5s$) = 1,7

Fa SI2 ($0,5s \leq T_0 \leq 1,0s$) = 2,1

Fa SI3 ($0,5s \leq T_0 \leq 1,5s$) = 2,2

ZONA 3:

Classificazione geologico-tecnica: SW tf – Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf).

$H = 20 \text{ m}$; $V_{sH20} = 250 \text{ m/s}$

Abaco utilizzato: MARGINE di tipo A

Fa PGA = 2,0

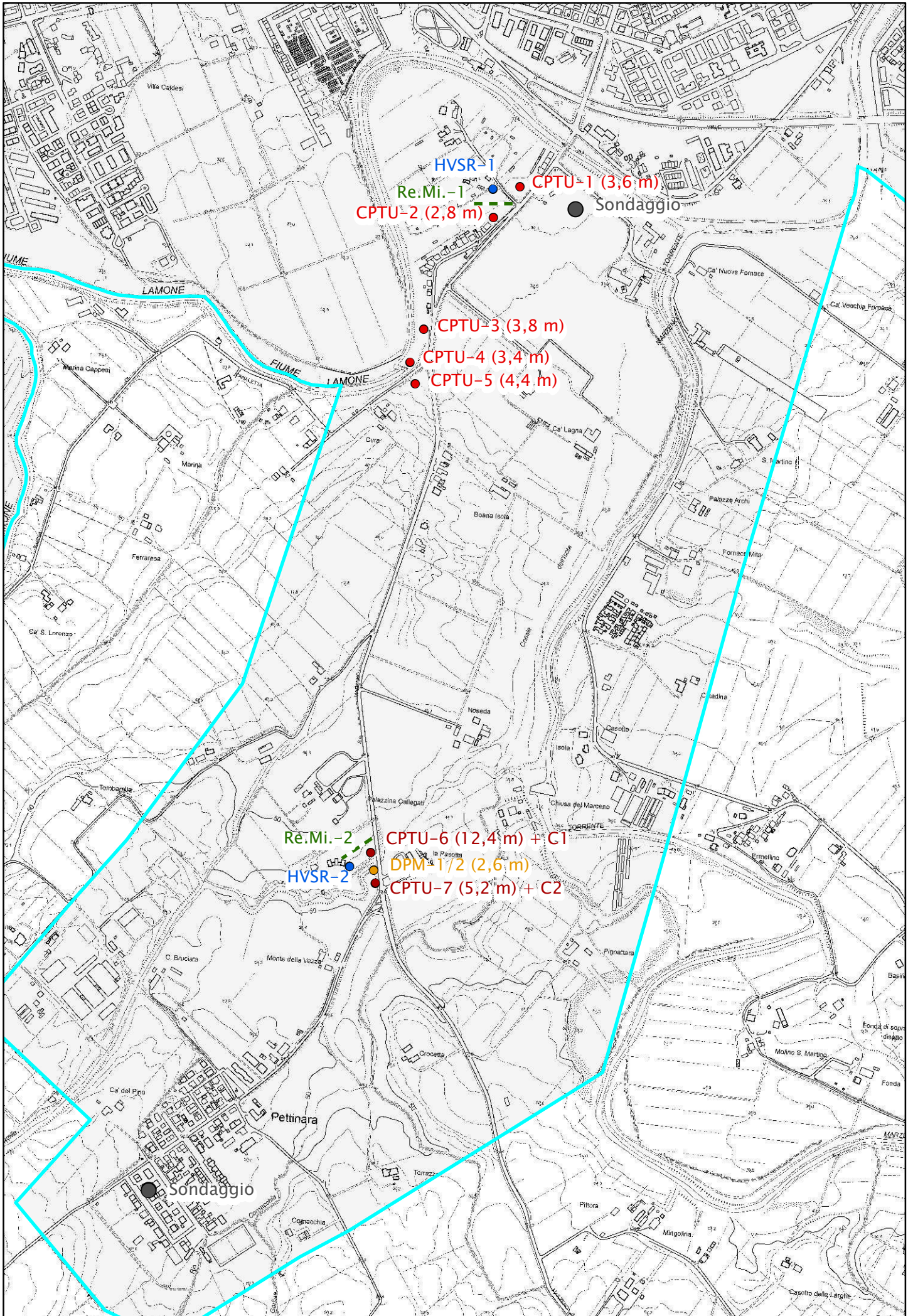
Fa SI1 ($0,1\text{s} \leq T_0 \leq 0,5\text{s}$) = 2,3

Fa SI2 ($0,5\text{s} \leq T_0 \leq 1,0\text{s}$) = 2,5

Per una migliore e immediata comprensione di tale analisi (secondo livello di approfondimento – analisi semplificata), sono consultabili le relative tavole (*Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)* e *Carta dei fattori di amplificazione*).

Faenza, aprile 2016

dott. Alessandro Poggiali



Carta delle indagini

Legenda

Localizzazione prove

- **CPTU** Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono
- **CPTU + C** Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono + Campione indisturbato del terreno
- **DPM** Prova penetrometrica dinamica media
- **HVSR** Indagine tomografica a stazione singola
- — — **Re.Mi.** Indagine geofisica in Refraction Microtremor
- **Sondaggio** Sondaggi pregressi

Limiti aree di studio

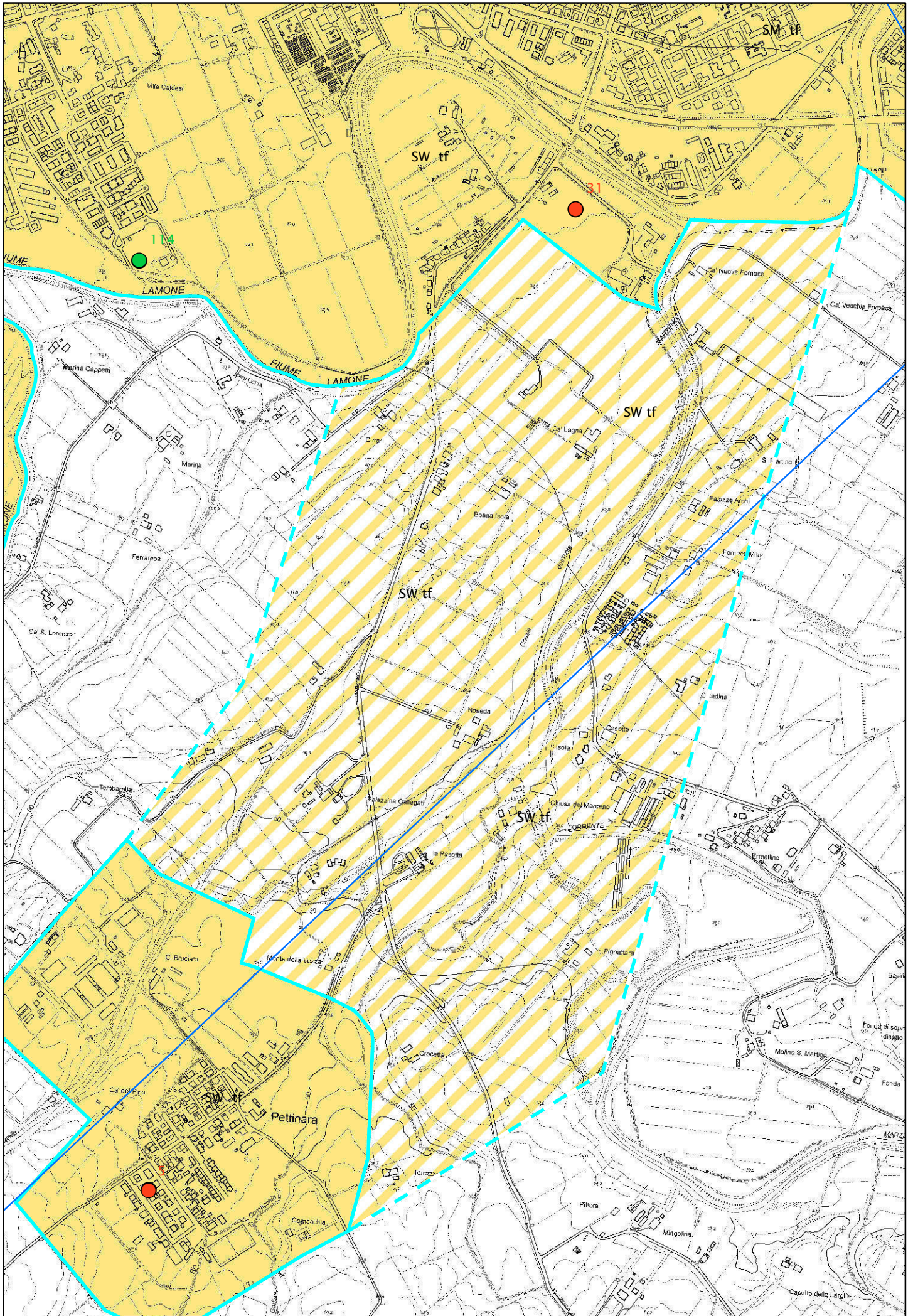


Perimetro microzone omogenee

Scala 1:10.000

0 500 1.000 Metri




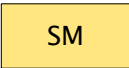


Carta Geologica–Tecnica


Legenda

Terreni di copertura (Studio M.S. 2015 – Comune di Faenza)


 SW Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf).


 SM Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Ambienti deposizionali di terrazzo fluviale (tf) o piana inondabile (pi).

Terreni di copertura (D.G.R. 2193/2015)

 SW Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf).


Elementi geologici e idrogeologici


 12 Profondità (m) substrato raggiunto da sondaggio o pozzo

 20 Profondità (m) sondaggio o pozzo che non hanno raggiunto il substrato

 1 1' Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello di sottosuolo


Limiti aree di studio

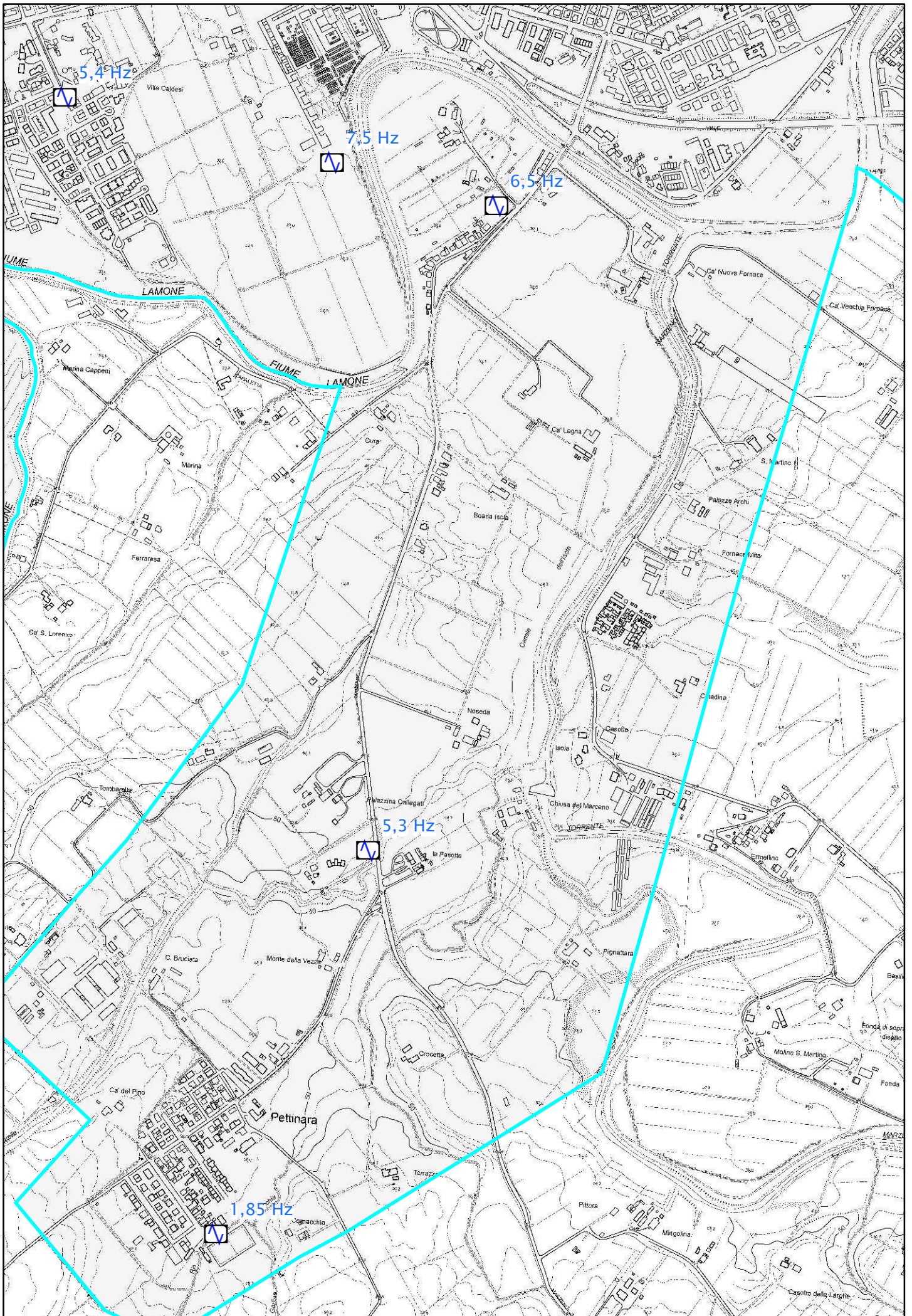
 Limite area interessata dallo studio di microzonazione sismica M.S. 2015 – Comune di Faenza

 Limite area interessata dallo studio di microzonazione sismica D.G.R. 2193/2015

Scala 1:10.000

0 500 1.000 Metri

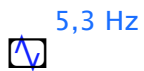




Carta delle frequenze naturali dei terreni

Legenda

Punti di misura di rumore ambientale



Frequenze principali di amplificazione H/V

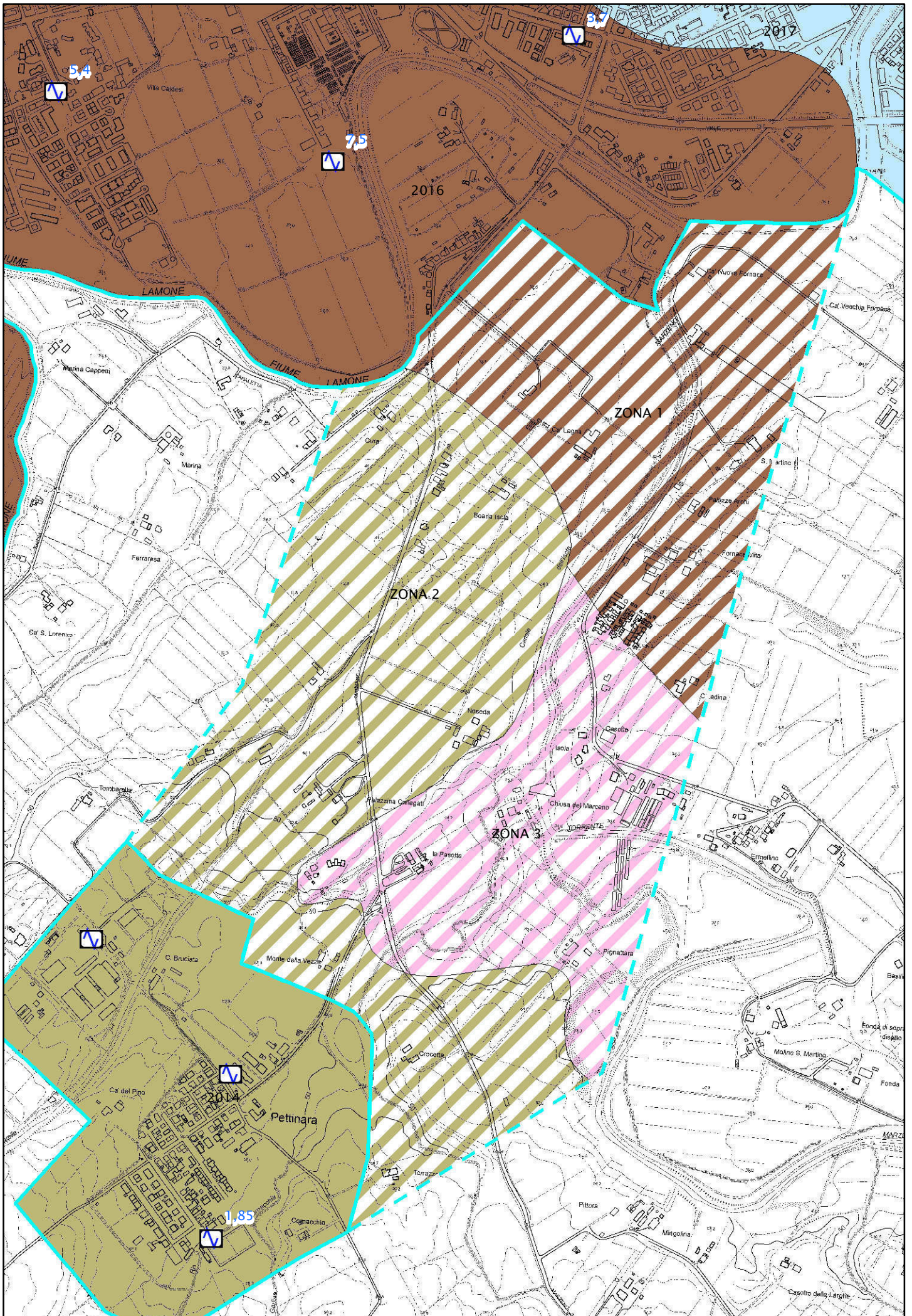
Limiti aree di studio



Perimetro microzone omogenee

Scala 1:10.000

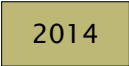
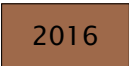
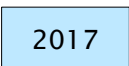







Carta delle aree suscettibili di effetti locali (M.O.P.S.)

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (Studio M.S. 2015 – Comune di Faenza)

| | |
|---|---|
|  | Zona 2014 – Piana terrazzata con successioni di alluvioni fini consistenti e variamente ghiaiose (AES5, AES6). Substrato sismico alluvionale e/o marino "non rigido" (Argille Azzurre, Sabbie Gialle) a profondità < 120 m (Pianura 1). |
|  | Zona 2016 – Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7, AEI). Spessore coperture alluvionali fini: H=15 m. |
|  | Zona 2017 – Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7, AEI). Spessore coperture alluvionali fini: H=20 m. |

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (D.G.R. 2193/2015)

| | |
|---|---|
|  | Zona 1 (equivalente alla zona 2016 dello studio M.S. 2015): settore di margine appenninico con spessori di sedimenti prevalentemente fini (< 30 m) sovrastanti ghiaie (Margine tipo A). Le indagini consentono di considerare uno spessore di maggiore amplificazione pari a circa 15 m ($V_sH_{15} = 300$ m/s). |
|  | Zona 2 (equivalente alla zona 2014 dello studio M.S. 2015): settore di margine appenninico caratterizzato da spessori di terreni fini > 30 m con alternanze di ghiaie fino al substrato marino sottostante (Margine tipo B – $V_s30 = 350$ m/s). |
|  | Zona 3 (equivalente alla ZONA 1 ma in questo caso gli spessori medi dei sedimenti fini sono stimati intorno ai 20 m e $V_sH_{20} = 250$ m/s). |

Punti di misura di rumore ambientale



Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f_0

Limiti aree di studio



Limite area interessata dallo studio di microzonazione sismica M.S. 2015 – Comune di Faenza



Limite area interessata dallo studio di microzonazione sismica D.G.R. 2193/2015

Scala 1:10.000

0 500 1.000 Metri



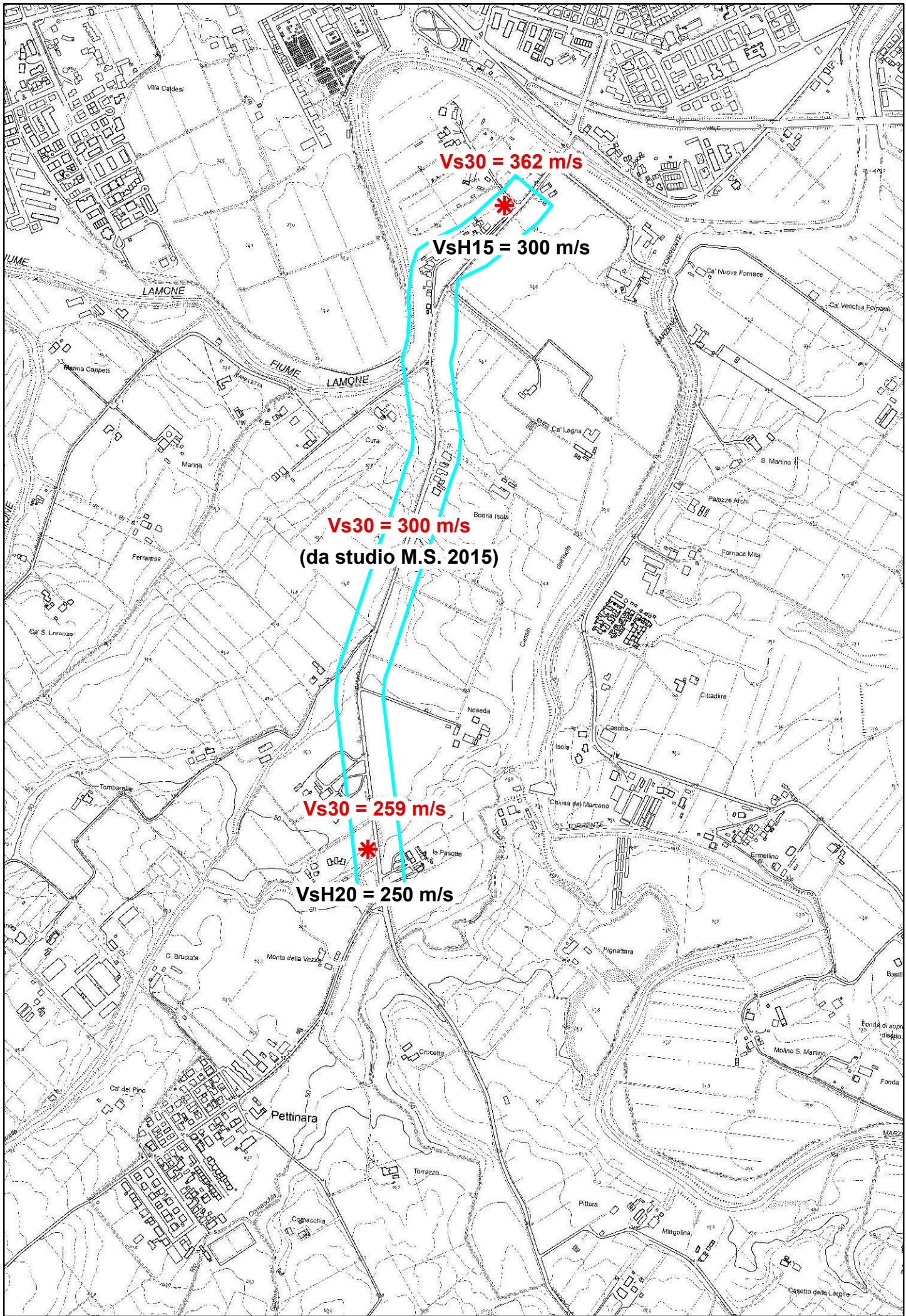
Vs30 = 362 m/s

VsH15 = 300 m/s

Vs30 = 300 m/s
(da studio M.S. 2015)

Vs30 = 259 m/s

VsH20 = 250 m/s



Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

Legenda

Localizzazione prove



Re.Mi.

Limiti aree di studio



Fascia di territorio oggetto dello studio M.S.

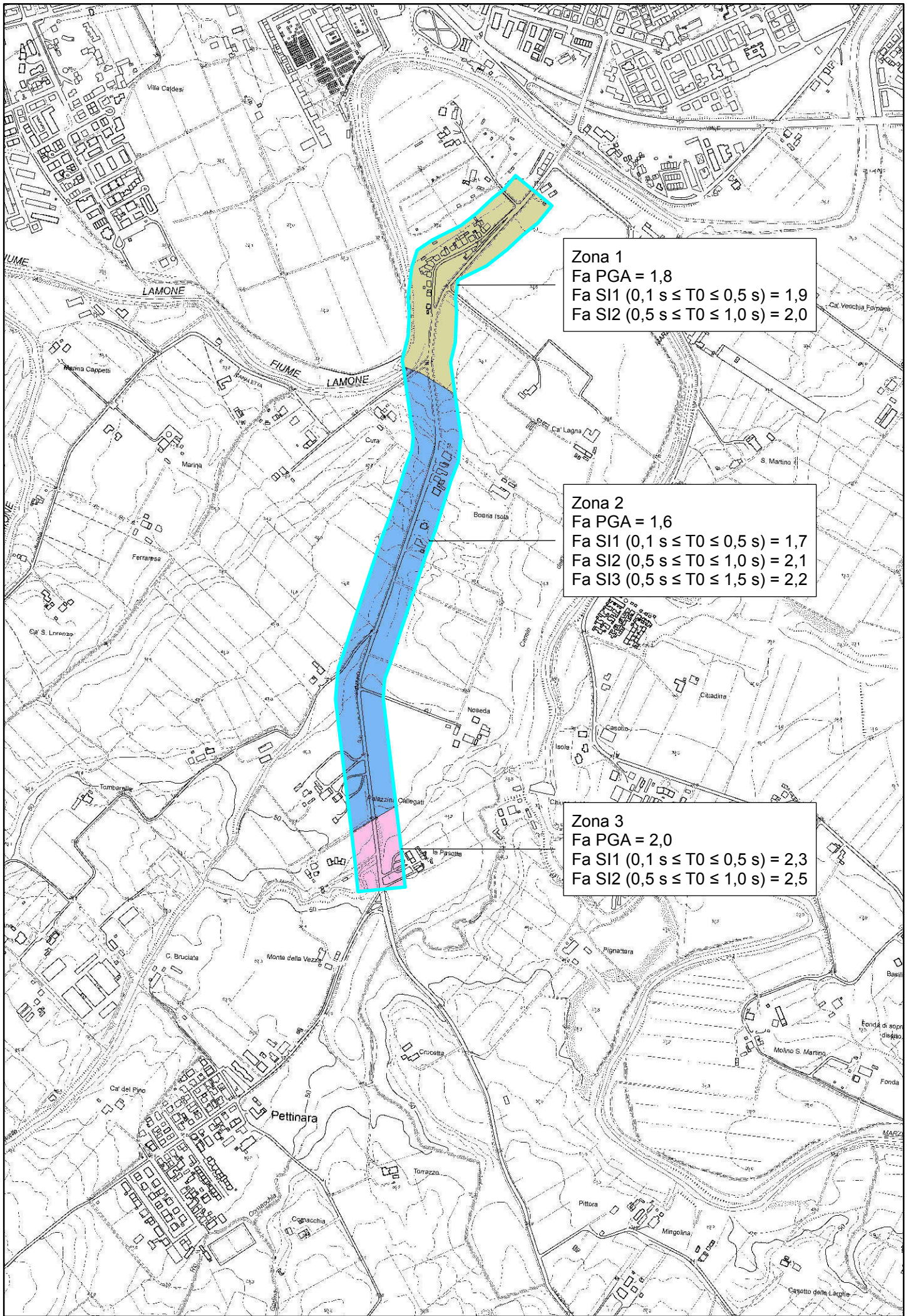
Scala 1:10.000

0

500

1.000 Metri





Zona 1
Fa PGA = 1,8
Fa SI1 (0,1 s ≤ T0 ≤ 0,5 s) = 1,9
Fa SI2 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,0 s) = 2,0

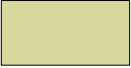
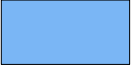

Zona 2
Fa PGA = 1,6
Fa SI1 (0,1 s ≤ T0 ≤ 0,5 s) = 1,7
Fa SI2 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,0 s) = 2,1
Fa SI3 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,5 s) = 2,2

Zona 3
Fa PGA = 2,0
Fa SI1 (0,1 s ≤ T0 ≤ 0,5 s) = 2,3
Fa SI2 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,0 s) = 2,5


Carta dei fattori di amplificazione

Legenda

Fattori di amplificazione

| | |
|---|---|
|  | Zona 1 Fa PGA = 1,8 Fa SI1 (0,1 s ≤ T0 ≤ 0,5 s) = 1,9 Fa SI2 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,0 s) = 2,0 |
|  | Zona 2 Fa PGA = 1,6 Fa SI1 (0,1 s ≤ T0 ≤ 0,5 s) = 1,7 Fa SI2 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,0 s) = 2,1 Fa SI3 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,5 s) = 2,2 |
|  | Zona 3 Fa PGA = 2,0 Fa SI1 (0,1 s ≤ T0 ≤ 0,5 s) = 2,3 Fa SI2 (0,5 s ≤ T0 ≤ 1,0 s) = 2,5 |

Limiti aree di studio

| | |
|---|--|
|  | Fascia di territorio oggetto dello studio M.S. |
|---|--|

Scala 1:10.000

