Studio Tecnico Dott. Geol. Silvia Daleffe

Via Sebenigo, 19/A – Grisignano di Zocco (VI) – Tel. 0444 415195; cell. 348 0424140; e-mail: silvia.daleffe@alice.it; pec: silvia.daleffe@epap.sicurezzapostale.it

Regione del Veneto

Provincia di Verona

Comune di Verona

Progetto di

Piano Urbanistico Attuativo

in Verona, via Colleoni (A.T.O. 10)

Scheda norma repertorio n. 209

Tavola 6B

Valutazione di Compatibilità Idraulica

Relazione

Art. 44 comma 2 e Art. 156 comma 13 Norme Tecniche Operative P.I. Comune di Verona

Dott. Geol. Silvia Daleffe

Ordine dei Geologi della Regione Veneto n. 413

Grisignano di Zocco, 9 Novembre 2015

Indice

1 PREMESSA

2 COROGRAFIA

3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 DESCRIZIONE DELL'AREA: LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI, SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGIA

4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA – METODOLOGIA E RISULTATI

4.1 RILIEVI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO

4.2 INDAGINI DIRETTE

4.3 VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITÀ

4.4 RISULTATI E CONSIDERAZIONI SUL MODELLO GEOLOGICO

5 INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI TRASFORMAZIONE

5.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E DELLO STATO DEI LUOGHI

5.2 DESCRIZIONE DELLE TRASFORMAZIONI DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

6 MISURE COMPENSATIVE

6.1 DEFINIZIONE DEL VOLUME DI INVASO

6.2 PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

6.3 DIMENSIONAMENTO DELLE LUCI DI SCARICO

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

ALLEGATO: TABULATI CALCOLO METODO RAZIONALE

Grisignano di Zocco, 9 Novembre 2015

1 Premessa

Lo studio di compatibilità idraulica analizza l'alterazione del regime idraulico a seguito di nuove previsioni urbanistiche ed individua idonee misure compensative: la presente relazione viene redatta al fine di fornire la caratterizzazione geologica ed idrogeologica dei terreni presenti in un'area sita in via Colleoni della località Cà di David del comune di Verona, per individuare le misure più idonee per mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica: il P.U.A. in esame occuperà una superficie di 11006 mq, dei quali 7883 saranno utilizzati per la realizzazione di un'area residenziale costituita da sette lotti, ed i restanti per la creazione di aree a verde, percorsi pedonali, viabilità e parcheggi.

Lo scopo fondamentale dello studio di compatibilità idraulica è quello di far sì che le valutazioni urbanistiche tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere le nuove edificazioni, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti e potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico conseguenti a cambi di destinazione o a trasformazioni di uso del suolo. In sintesi lo studio idraulico deve verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nel progetto in esame, prospettando soluzioni corrette dal punto di vista dell'assetto idraulico del territorio.

L'Art. 44 "Disciplina degli interventi in relazione all'impatto idraulico e al ristagno idrico", punto 2 a) delle Norme Tecniche Operative dei P.I. del Comune di Verona (art. 17 comma 5 lett. c. L.R. 11/2004), approvate con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, recita: "tutti gli strumenti urbanistici attuativi (P.U.A.) e gli interventi assoggettati a comparto urbanistico convenzionato previsti dal PI operativo dovranno contenere, per tutto il territorio interessato, il progetto delle opere previste dalla valutazione di compatibilità idraulica recepita nel P.I., redatto in conformità con le disposizioni regionali vigenti, con quanto previsto dalle presenti norme operative e dall'allegato repertorio, nonché secondo le specifiche direttive contenute nel prontuario di mitigazione ambientale".

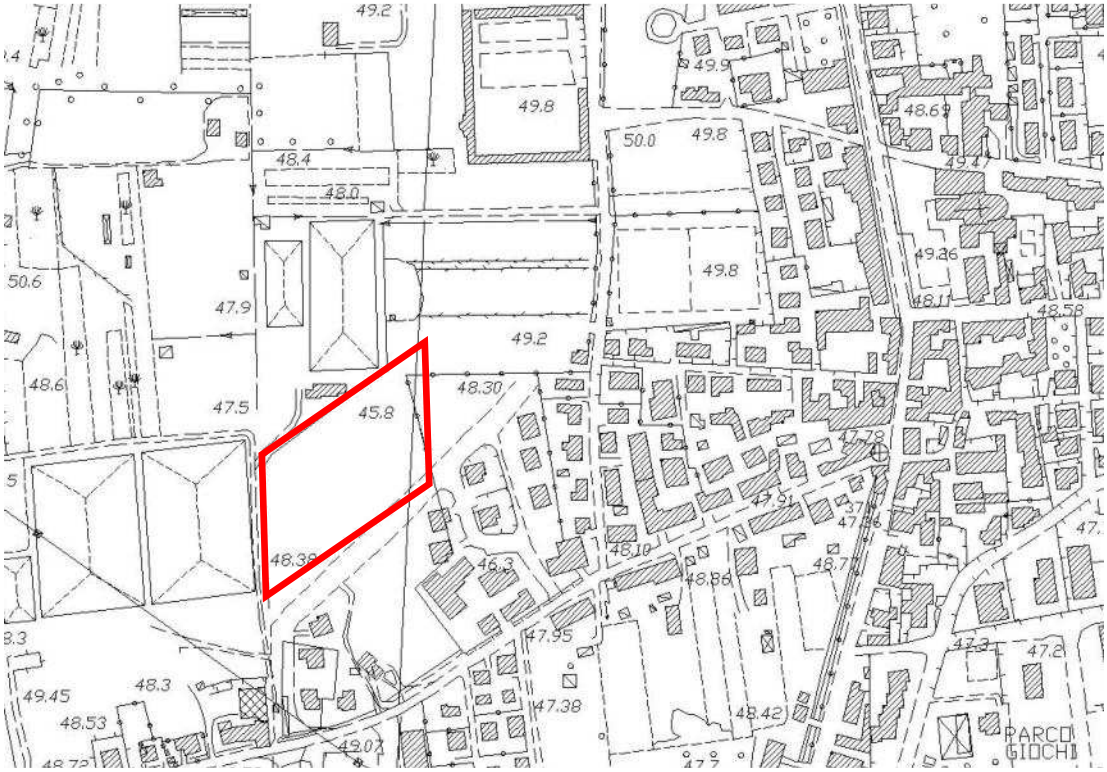
Sulla base di quanto esposto, è stata studiata l'area in esame: a seguito della campagna geognostica condotta, verranno quindi fornite valutazioni circa la compatibilità idraulica dell'intervento proposto, in ottemperanza alle norme vigenti, con particolare riferimento a DGRV n. 3637/2002, DGRV n. 1322/2006, DGRV 1841/07, DGRV 2948/09, alle Norme Tecniche di Attuazione del PAT ed alle Norme Tecniche Operative dei P.I. del comune di Verona; si provvederà a calcolare il volume specifico di invaso da assegnare all'ambito di intervento e a proporre le relative misure compensative.

Le fasi che hanno consentito di produrre il presente documento sono le seguenti:

- Acquisizione dei dati bibliografici e storici relativi all'area indagata;
- Rilievo geologico e geomorfologico;
- Esecuzione di indagini e prove in sito;
- Elaborazione dei dati bibliografici e dei rilievi.

2 Corografia

L'area oggetto di intervento è ubicata a margine della zona residenziale di Cà di David, in prossimità ad aree a destinazione agricola e con urbanizzazione diffusa. Le quote si aggirano attorno a 46 - 47 m s.l.m.

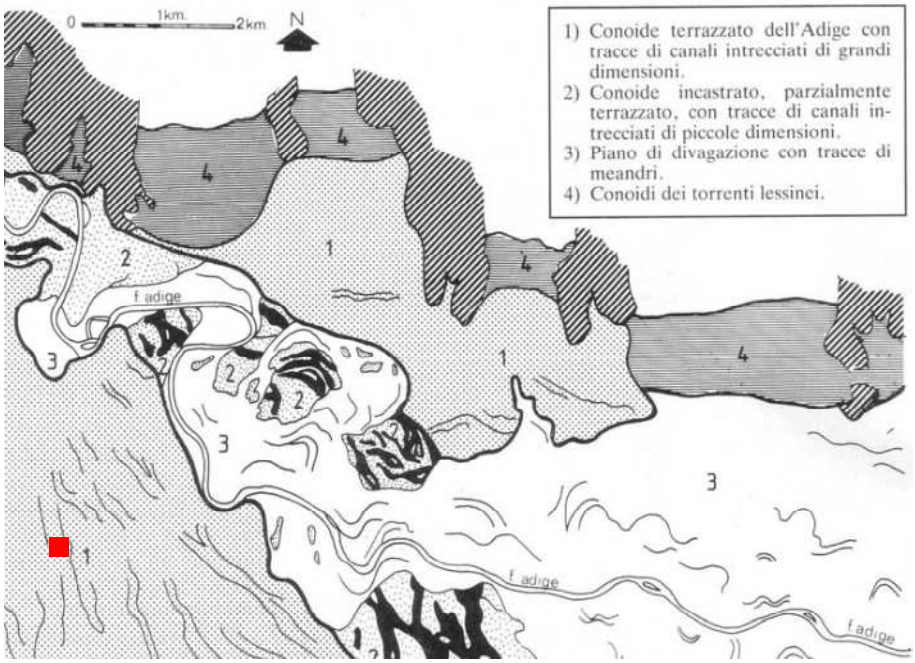


3 Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico

Si riportano alcuni cenni di inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico riferiti all'area in esame.

Da un punto di vista morfologico, il territorio in esame appare caratterizzato da morfologie subpianeggianti: l'analisi del microrilievo permette però di individuare la presenza di elementi e strutture tipici della pianura alluvionale (quali terrazzi e scarpate di erosione fluviale, strutture legate a fenomeni di esondazione e di rotta, paleoalvei), che vanno a costituire irregolarità topografiche del piano campagna, quali dossi e depressioni.

L'elemento caratterizzante dello stato dei luoghi attuale è costituito dal fiume Adige: il territorio del comune di Verona appartiene a tre unità geomorfologiche, costituite dal conoide che ha formato la piana fluvioglaciale atesina, dal piano di divagazione dell'Adige inciso nel conoide e dagli apporti dei torrenti di provenienza lessinea, come evidenziato dallo stralcio di schizzo geomorfologico della Pianura Veronese (da Sorbini et alii, 1984).



La porzione di territorio oggetto di studio ricade nell'unità definita "conoide terrazzato, con tracce di canali intrecciati di grandi dimensioni". Le morfologie erosivo – deposizionali minori sono state obliterate dalla forte antropizzazione, che ne impedisce il riconoscimento.

A grandi linee, da un punto di vista morfologico spostandosi da Verona verso valle si distinguono due terrazzi: uno in sinistra orografica, in alcuni studi chiamato "settentrionale", e uno in destra, chiamato "meridionale": questi due terrazzi si allontano gradualmente, a formare una sorta di cono con vertice in Verona ed asse di simmetria in direzione di Albaredo d'Adige; il fiume Adige scorre nella bassura delimitata da questi due terrazzi. L'area alta è il grande conoide terrazzato, caratterizzato da tracce di canali intrecciati ("braided") di grandi dimensioni, costruito dall'Adige "fluvioglaciale": secondo Sorbini et alii (1984) la fase finale della costruzione di questo corpo sedimentario è posteriore ai 25.000 anni B.P. Successivamente, per un cambio del regime idrologico, l'Adige ha assunto, anche nella parte apicale del suo conoide, un percorso a meandri terrazzando il conoide stesso e formando la zona di basso topografico in cui scorre attualmente. Il divagare dell'Adige in quest'area prima del suo arginamento ha determinato la distribuzione della litologia e ha formato numerosi terrazzi aventi modesto dislivello. Tali elementi influenzano attualmente il corso della rete idrografica locale.

Si riporta un estratto della Carta delle Unità Geomorfologiche del Veneto, dove con il colore giallo sono individuati i depositi fluvioglaciali e alluvionali antichi e recenti, cui viene attribuita l'area in esame, con il verde i depositi fluviali della pianura alluvionale recente, con l'azzurro le fasce fluviali depresse e con il blu i depositi mobili degli alvei fluviali attuali. Il puntinato marrone indica la fascia delle risorgive.

L'assetto geomorfologico è quindi caratterizzato dalla presenza di strutture deposizionali ed erosive fluvioglaciali ed alluvionali, quali terrazzi, dossi, paleoalvei, a cui si sono sovrapposti interventi antropici d'urbanizzazione ed edificazione, oltre che per l'utilizzo agronomico del suolo.

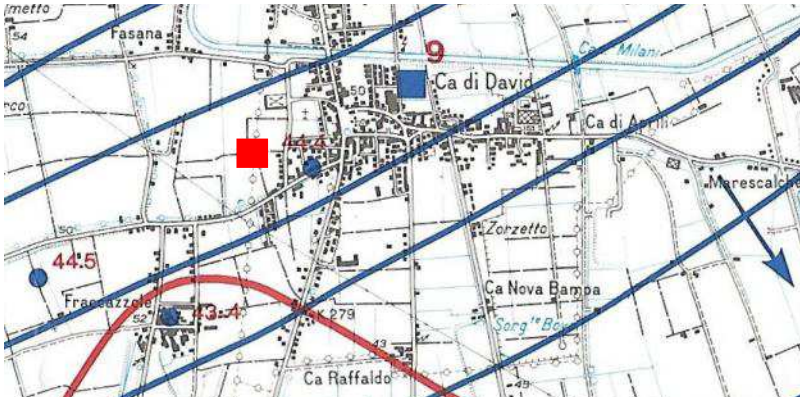
La litologia dei terreni è rappresentata da depositi correlabili alle diverse fasi dell'evoluzione del corso del Fiume Adige e dei suoi affluenti: lo stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio Verona, con il colore azzurro e la sigla a^2 riporta le alluvioni sabbioso – ghiaiose, terrazzate, antiche (Olocene); con il colore giallo e la sigla fg^R le alluvioni fluvio – glaciali e fluviali da ghiaiose a ciottolose del Riss.

In definitiva, i processi d'alterazione in combinazione con i fenomeni gravitativi, fluvioglaciali ed alluvionali hanno dato origine ai depositi presenti nella zona; la parte superficiale è stata però parzialmente rimaneggiata a seguito di eventi antropici. L'area presenta terreni di natura alluvionale, costituiti ghiaie e sabbie con ciottoli, con occasionali livelli fini.

Non esistono evidenze di elementi strutturali e/o tettonici in prossimità dell'area di progetto.

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area è costituta da alluvioni ad alta permeabilità ed elevato drenaggio; la falda freatica nella zona in esame è ospitata nel potente materasso alluvionale atesino, costituito da depositi prevalentemente ghiaioso - ciottolosi. Il sistema idrogeologico è alimentato dai seguenti fattori di ricarica: la falda di subalveo dell'Adige, che si riversa entro le alluvioni ghiaiose della pianura nella zona di Bussolengo – Pescantina, e quella delle valli dei Lessini; l'infiltrazione degli afflussi meteorici diretti e delle acque irrigue. La ricarica continua operata dalla falda di subalveo dell'Adige non solo provvede all'alimentazione del sistema idrogeologico dell'Alta Pianura, ma condiziona anche la direzione di deflusso delle acque sotterranee e il regime della falda: il deflusso avviene indicativamente da NNW verso SSE, con locali variazioni; il regime è caratterizzato da una fase di piena tardo-estiva e da una fase di magra all'inizio della primavera ed è praticamente identico (con uno sfasamento di 2 - 3 mesi) a quello del fiume. In conseguenza di questa struttura geologica e delle modalità di alimentazione, la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è elevata.

Relativamente alla profondità della falda freatica, si riportano di seguito gli studi bibliografici che riguardano l'area in esame: nello stralcio della "Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige" di Dal Prà e De Rossi, edito nel 1989, l'ambito di PUA, individuato con il simbolo rosso, è compreso tra le isofreatiche 44 e 45.



Si allega ora un estratto della tavola relativa ai caratteri idrogeologici dell'Alta Pianura veronese, redatta in occasione della Italian DHI Conference svoltasi a Torino nell'Ottobre 2009: con il colore giallo si individua l'acquifero indifferenziato e con il verde il multifalde. In questo caso l'area va riferita alle isofreatiche 43 e 44.

In conclusione, secondo indicazioni bibliografiche, nell'area in esame la falda freatica si attesta in fase di piena ad una profondità indicativamente compresa tra 2 e 3 m da piano campagna.

L'area si trova a monte della fascia dei fontanili, ed è quindi interessata da un acquifero indifferenziato; procedendo verso Sud, dove inizia la media pianura, le sequenze stratigrafiche non sono più sabbioso – ghiaiose, ma sono riconducibili ad alternanze tra sedimenti fini (limi e argille) e depositi prevalentemente sabbiosi, dando luogo ad intercalazioni tra livelli permeabili ed impermeabili, che originano il sistema multifalde. Il limite superiore della fascia delle risorgive si trova nei pressi dell'abitato di Fracazzole e Cà Raffaldo, a Sud di Cà di David, dove sono presenti le sorgenti denominate Campagna, Vannina, Palazzino e Bova, che originano gli omonimi scoli, e Toniola, che origina il fiume Menago.

L'elemento idrogeologico fondamentale dell'area in esame è il fiume Adige, che scorre a Est del sito interessato dal P.U.A., ad una distanza di circa 6 km. Vi è inoltre una rete di scoli e canali artificiali fra i quali si evidenzia il Canale Milani, facente parte della rete idraulica storica; inoltre, in fregio al lato Ovest dell'ambito di intervento è presente la canalizzazione del Conagro, che sarà oggetto di tombinamento (Aut. Prot. N. 22225 del 03.12.2014).

3.1 Descrizione dell'area: lineamenti geomorfologici, successione litostratigrafica e idrogeologia

Gli elementi dominanti che determinano i lineamenti geomorfologici della zona in cui si inserisce l'intervento proposto sono da ricondursi ai processi tettonici, gravitativi, fluviali e alluvionali fluvioglaciali, elementi ai quali si è sovrapposto in maniera determinante l'intervento antropico, con la realizzazione di scavi di sbancamento, riporti di materiali, sistemazione e modellazione dei terreni. L'area oggetto dell'intervento rispecchia questa situazione con evidenze prevalentemente degli elementi antropici: i depositi superficiali sono stati rimaneggiati a seguito dell'edificazione nell'intorno, e di migliorie agrarie, con movimenti terra ed utilizzo di riporti che hanno modificato l'originaria conformazione dell'area.

Dal punto di vista geolitologico, l'area in esame è costituita da depositi alluvionali correlabili alle diverse fasi dell'evoluzione del corso del Fiume Adige e dei suoi affluenti, formati da ghiaie e sabbie con ciottoli, in livelli più o meno addensati, e con locali livelli a granulometria più fine.

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area indagata non presenta particolari peculiarità in quanto non sono presenti sorgenti o venute d'acqua a carattere perenne, inoltre i terreni superficiali presentano una variazione sia verticale sia orizzontale di permeabilità, generalmente elevata, in funzione delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei depositi. Le fonti bibliografiche indicano il livello freatico a profondità di circa 2 – 3 m da piano campagna; la linea dei fontanili è posta a Sud, ad una distanza di circa 600 m. Lo smaltimento dei deflussi superficiali risente sia delle pendenze che della tipologia di terreni, costituiti prevalentemente da depositi ad elevata permeabilità, che dell'impermeabilizzazione dovuta all'urbanizzazione: la realizzazione del progetto proposto comporterà una diminuzione nella percentuale di precipitazioni infiltrata, e saranno pertanto necessarie misure compensative.

4 Campagna geognostica – metodologia e risultati

Il metodo d'indagine è consistito nel:

- Acquisizione dei dati bibliografici e storici relativi all'area indagata
- Rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio;
- Esecuzione di indagini in sito (scavi e prove di permeabilità);

4.1 Rilievi geologici e geomorfologici di dettaglio

I terreni naturali, al di sotto del riporto superficiale, sono costituiti da sabbie prevalenti, con ghiaie e ciottoli.

4.2 Indagini dirette

Sono state realizzate sette trincee esplorative nell'area in esame: la corografia con ubicazione degli scavi è estratta dalla tavola 4 riportante la planimetria del P.U.A (non in scala); seguono le stratigrafie.

Trincea T1

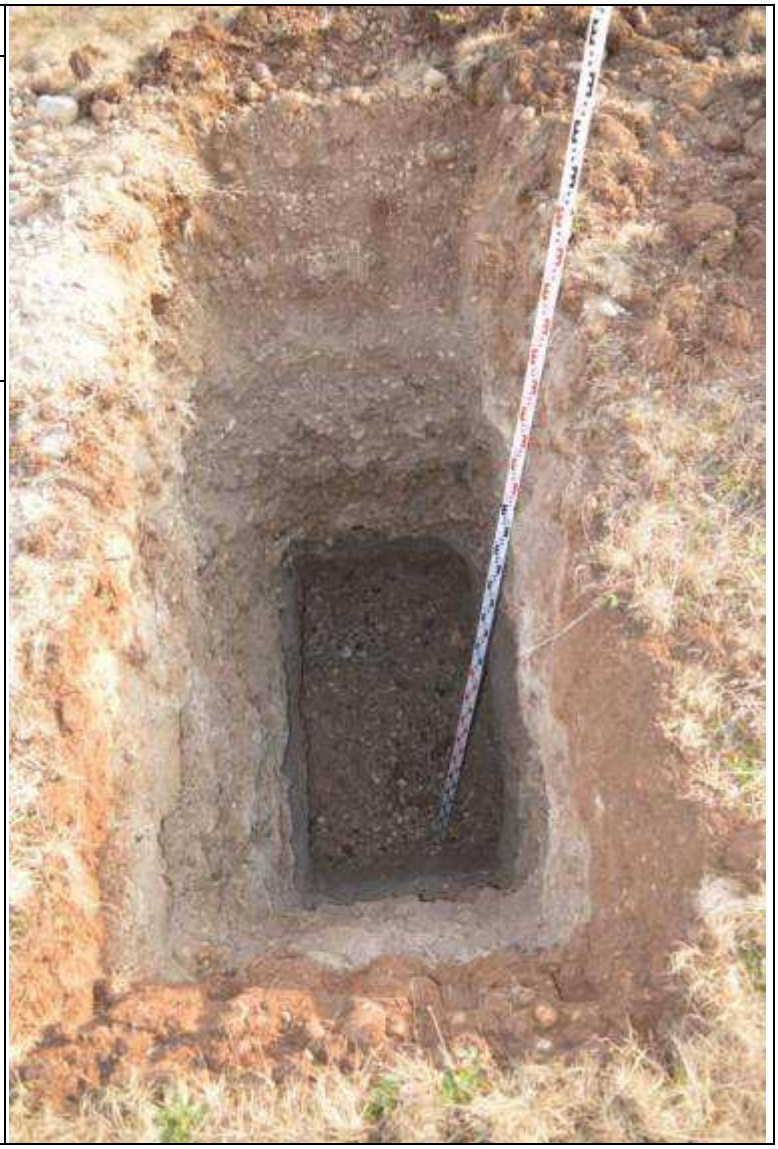
Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.10	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 3.00	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica non è stata rilevata alle profondità raggiunte dallo scavo.

Trincea T2

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.30	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbioso - ghiaiosa di colore marrone
B	Oltre 3.70	Sabbie con ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Lente sabbiosa tra 2.00 e 2.20 m da p.c. Presenti trovanti pluridecimetrici. Deposito sciolto; compatto. Fianchi di scavo stabili.



Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica non è stata rilevata alle profondità raggiunte dallo scavo.

Trincea T3

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.10	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 4.10	Livello a sabbia prevalente da 0.10 a 0.30 m; seguono ciottoli centimetrici puliti sino a 2.20 m. Quindi, alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica non è stata rilevata alle profondità raggiunte dallo scavo.

Trincea T4

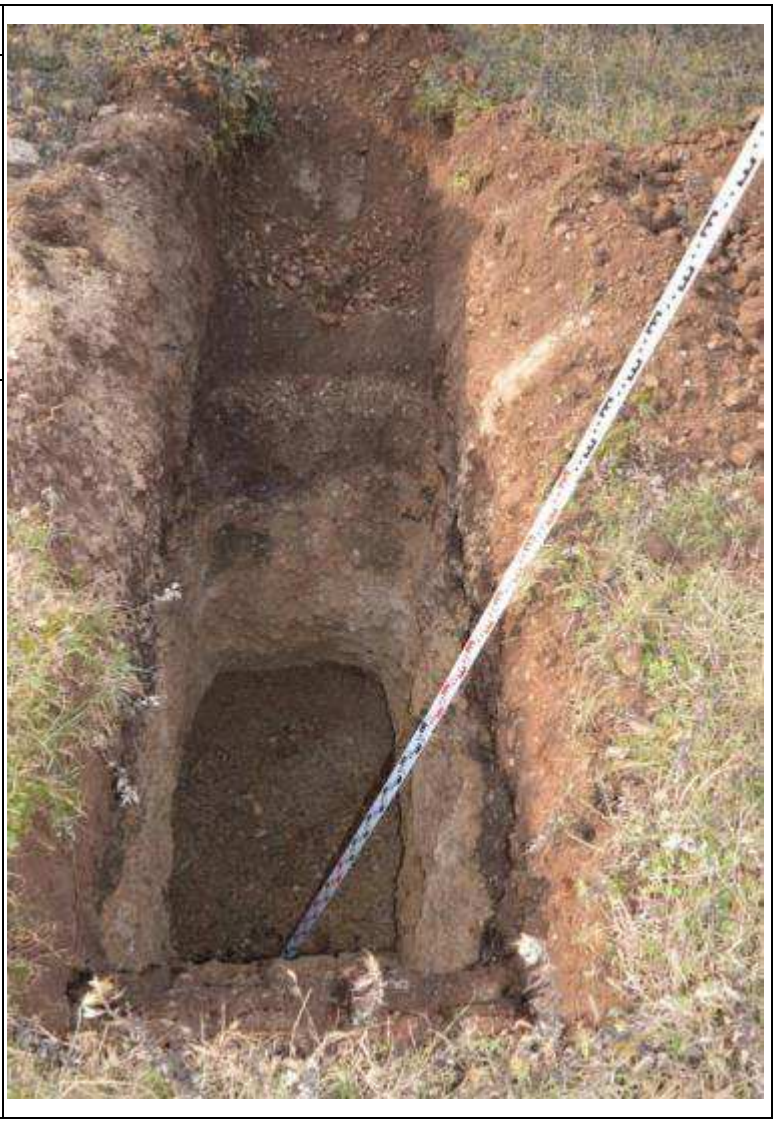
Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.80	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 4.30	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 30 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Trovanti pluridecimetrici. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica è stata rilevata a 4.20 m da piano campagna.

Trincea T5

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.90	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 3.80	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici prevalentemente centimetrici, occasionalmente fino a 10 - 15 cm, arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.



Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica è stata rilevata a 3.80 m da piano campagna.

Trincea T6

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	1.00	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 4.00	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici prevalentemente centimetrici, occasionalmente fino a 10 - 20 cm, arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Trovanti pluridecimetrici. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica è stata rilevata a 3.95 m da piano campagna.

Trincea T7

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.40	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	1.00	Sabbie con ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici (dimensioni prevalenti da 1 a 10 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Le variazioni di spessore del terreno vegetale riscontrate nel corso degli scavi sono da ricondursi a movimenti terra condotti nell'ambito dell'appezzamento, che si presentava lievemente digradante verso Est: pertanto parte dei terreni superficiali sono stati asportati a Ovest e riportati a Est.

4.3 Valutazione della permeabilità

La permeabilità (o conducibilità idraulica) è l'attitudine di un deposito a lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico ed esprime la resistenza che il mezzo oppone al deflusso dell'acqua che lo attraversa. Essa viene misurata con il coefficiente di permeabilità (K) e rappresenta il volume di acqua in metri cubi che attraversa con moto laminare nell'unità di tempo (1 secondo) un'unità di sezione (1 m²) ortogonale alla direzione di deflusso, sotto l'effetto di un gradiente idraulico unitario ed alla temperatura di 20° C. Il coefficiente K dipende prevalentemente dalle caratteristiche del terreno (composizione granulometrica, forma dei grani, stato di addensamento), ed il suo valore viene espresso generalmente in m/s o in cm/s.

Per valutare la permeabilità dei terreni, si fa riferimento alla prova in pozzetto a carico variabile eseguita nella trincea T7 a fondo foro: la prova (A.G.I. 1977) fornisce una valutazione della permeabilità dei terreni al di sopra del livello di falda, ed è consistita nell'inserire nel terreno un pozzetto in cls di lato 50 cm, in modo che l'acqua potesse fuoriuscire solo dal fondo e non dalle pareti; si è quindi provveduto al riempimento con acqua, e a misurare gli abbassamenti del livello nel tempo. Il coefficiente di permeabilità K viene calcolato con la seguente relazione:

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1 + \left(2\frac{h_m}{b}\right)}{\left(27\frac{h_m}{b} + 3\right)}$$

con
h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto;
b = lato della base del pozzetto
t_2-t_1 = intervallo di tempo;
h_2-h_1 = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo t_2-t_1.

Nel caso in esame si è ottenuto il seguente valore di permeabilità:

$$K = 1.2\ 10^{-4}\ m/s$$

Valore corrispondente a permeabilità elevata e buon drenaggio (Castany, 1985).

4.5 Risultati e considerazioni sul modello geologico

La successione litostratigrafica locale è rappresentata nel seguente schema:

Strato	Descrizione litologica	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)
A	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone	0.10 - 1.00	0.10 - 1.00
B	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici da centimetrici a decimetrici, con occasionali trovanti pluridecimetrici, arrotondati e localmente con tracce di cementazione.	Oltre 4.30	N.D.

Le variazioni negli spessori del terreno vegetale sono da ricondursi ad opere di livellamento a seguito di migliorie fondiarie condotte in passato, con riempimento del settore Est dell'ambito.

L'intervento si svolgerà su di un terreno pianeggiante a margine di un'area urbanizzata; la falda freatica all'epoca delle indagini è risultata attestarsi a profondità minima di 3.80 m da piano campagna (con riferimento al piano quotato dello stato attuale, risulta posta a circa 42.8 – 42.4 m s.l.m). Da prove in sito, la permeabilità è risultata pari a 1.2 x 10^{-4} m/s, valore corrispondente ad un elevato grado di permeabilità e ad un buon drenaggio. La circolazione superficiale delle acque meteoriche e di dilavamento avviene attualmente seguendo le pendenze, condizionata dalla presenza di opere antropiche (riporti, viabilità esistente, edifici ed aree impermeabilizzate).

Relativamente ai caratteri geostrutturali, nell'area non si presentano evidenze significative anche per il mascheramento degli elementi antropici.

4 Inquadramento dell'area oggetto di trasformazione

Ricordando che la compatibilità idraulica nella Regione Veneto è così normata:

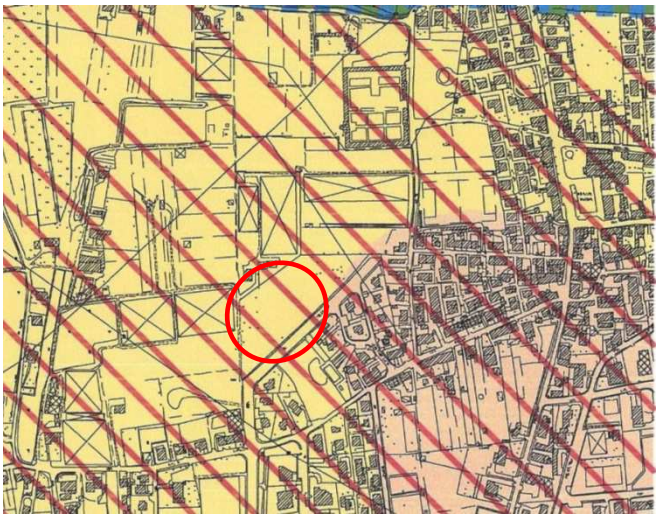
- DGVR 3637/2002: indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici;
- DGRV 1322/2006: nuove indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico;
- DGRV 1841/2007: nuove indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Allegato A – Valutazione della compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche (aggiornamento Giugno 2007);
- DGRV 2948/2009: nuove indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Allegato A – Valutazione della compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche,

si fa presente quanto segue.

5.1 Descrizione delle opere in progetto e dello stato dei luoghi

Il P.U.A. interessa una superficie di 11006 mq, su cui sono previsti sette lotti a destinazione residenziale, rispettivamente per 1221.52 mq (UMI 1), 1142.76 mq (UMI 2), 1000.92 mq (UMI 3), 1322.80 mq (UMI 4), 1355.00 mq (UMI 5), 800.0 mq (UMI 6), 1040.00 mq (UMI 7); vi sono inoltre aree a verde (1569.80 mq) e parcheggi (203.50) comuni; attualmente l'area si presenta incolta.

Si riporta uno stralcio dell'elaborato 3 "Tavola delle Fragilità" del P.A.T. del comune di Verona (approvato con DGRV n. 4148 del 18.12.2007), quadro 3, con individuata l'area in esame.



Si evince quanto segue:

Penalità ai fini edificatori (art. 37)

Il sito ricade nel settore dei terreni classificati mediocri nei quali l'edificabilità è possibile, ma richiede indagini geognostiche specifiche, verifiche di stabilità ed eventuali interventi di stabilizzazione preventivi.

Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (art. 38)

L'area è compresa nel settore classificato come unità E, definito dalle seguenti caratteristiche:

- Aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali e fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria.
- Strati di alterazione superficiale di scarsa potenza.
- Morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei.
- Dinamica geomorfologica prevalente: fluviale e fluvioglaciale.
- Presenza di falda libera a profondità inferiore a 10 metri dal piano campagna.

Vulnerabilità intrinseca: elevata

Nella Tavola 1.0.5. "Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale" dei P.I., approvata con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, per gli aspetti geologici ed idrogeologici l'area è compresa in art. 39 – invarianti di natura idrogeologica ed idraulica – fascia di ricarica degli acquiferi, ed in art. 43 – tutela della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, in unità E, a vulnerabilità intrinseca alta; risulta attraversata da un metanodotto.

Riassumendo, nell'area in esame:

- i terreni, con eccezione del livello superficiale, sono costituiti da ciottoli e ghiaie con sabbie;
- la falda è stata misurata ad una profondità minima di 3.80 m da piano campagna; con riferimento al piano quotato, la profondità del livello freatico risulta attestarsi a 42.4 m s.l.m; la permeabilità dei terreni è elevata e il drenaggio buono (Castany, 1985); la vulnerabilità degli acquiferi è elevata;
- non vi sono aree contigue a rischio idraulico tutelate dal PAI, né dalle cartografie a livello comunale;
- non vi sono aree a deflusso difficoltoso; non vi sono stati allagamenti in tempi recenti;
- non vi è una rete idraulica ricettrice in prossimità; vi è una rete di acque bianche in via Colleoni;
- nell'ambito di intervento da dati storici non risultano cave o discariche.

In fregio al confine Ovest dell'ambito è presenta un canale consortile fuori terra in cls, per la quale è stato autorizzato il tombinamento (n. 86/141, Aut. Prot. N. 22225 del 03.12.2014)

5.2 Descrizione delle trasformazioni delle superfici in termini di impermeabilizzazione

Come accennato, il PUA interessa una superficie di 11006 mq, su cui verranno ricavati *sette lotti residenziali*: poiché per questi ultimi allo stato attuale non si conosce la precisa distribuzione delle superfici permeabili, semipermeabili ed impermeabili, *per la valutazione della compatibilità idraulica si sono cautelativamente considerati come aree impermeabili al 70% e a verde per il 30%.* Per le aree comuni la superficie di riferimento, con riferimento all'immagine riportata alla pagina seguente, è pari a 3123.00 mq.

Allo stato attuale l'area è incolta, mentre con il progetto le *aree comuni* saranno così distribuite:

- superfici a verde: 1569.80 mq,
- aree semipermeabili (parcheggi drenanti): 203.50 mq
- le superfici impermeabili (strade/marciapiedi): 1349.70 mq.

Per *i lotti residenziali* (vedere tabella a pag. 18)

- superfici a verde: 2364.91 mq,
- le superfici impermeabili: 5518.09 mq.

Per la distribuzione delle superfici si faccia riferimento allo schema riportato di seguito.

STRADA CORTILE (m²)	1'349,70
AREE A PARCHEGGIO (m²)	203,50
VERDE PUBBLICO (m²)	1'569,80
TOTALE AREE PUBBLICHE (m²)	3'123,00
LOTTI RESIDENZIALI	7'883,00

La distribuzione delle aree permeabili ed impermeabili nei lotti residenziali è definita dalla seguente tabella:

Lotto	***Aree impermeabili***	***Aree a verde***
UMI 1 = 1'221,52 mq	855.06	366.46
UMI 2 = 1'142,76 mq	799.93	342.83
UMI 3 = 1'000,92 mq	700.64	300.28
UMI 4 = 1'322,80 mq	925.96	396.84
UMI 5 = 1'355,00 mq	948.50	406.50
UMI 6 = 800,00 mq	560.00	240.00
UMI 7 = 1040,00 mq	728.00	312.00
	Totale 5518.09 mq	***Totale 2364.91 mq***

Si fa presente infatti che i dati stereometrici forniscono un'area verde di mitigazione complessiva pari a 2390.70 mq, valore leggermente superiore al dato riportato, poiché i lotti attraversati dal metanodotto (UMI 5 e UMI 6) presentano una superficie a verde vincolato superiore al 30%: poiché però il dato della tabella implica una maggiore superficie impermeabile su cui dimensionare l'invaso, si è fatto cautelativamente riferimento a tale valore.

Analizzato lo stato dei luoghi e le previsioni progettuali, in conformità a quanto previsto dall' Art. 44 - Disciplina degli interventi in relazione all'impatto idraulico ed al ristagno idrico - delle Norme Tecniche Operative P.I. del Comune di Verona, punto 2 a, effettuato lo studio propedeutico alla valutazione delle modifiche al regime idraulico del territorio interessato all'intervento (con riferimento alle caratteristiche litologiche, soggiacenza della falda, vulnerabilità degli acquiferi, contiguità con aree a rischio idraulico tutelate dal PAI, di deflusso difficoltoso, contiguità con corsi d'acqua temporanei e permanenti classificati e non, impatto sulle reti di smaltimento delle acque meteoriche eventualmente esistenti o in realizzazione, ecc.) ***si procede al dimensionamento delle misure di compatibilità idraulica, secondo le specifiche direttive contenute nel "Prontuario di mitigazione ambientale".***

6 Misure compensative

La finalità principale dello studio di compatibilità idraulica è il conseguimento dell'invarianza idraulica mediante la realizzazione di opere di laminazione delle portate: si passa di seguito a valutare le misure compensative per l'alterazione del regime idraulico, ricordando che nello studio integrativo circa la Valutazione di Compatibilità Idraulica condotto per il P.A.T. del comune di Verona, a firma Dott. Geol. Romano Rizzotto e Ing. Attilio Castellani ai sensi DGRV 1322/2006, il volume compensativo da assegnare ai bacini di invaso è stato definito in 487.4 mc/ettaro, indifferentemente dal tipo di destinazione urbanistica; questo valore è stato ripreso nella Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.I.

Facendo riferimento alla classificazione proposta in Allegato A della D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009, l'intervento di progetto rientra nella classe di intervento definita di "significativa impermeabilizzazione potenziale", in quanto interessa superfici tra 1 ed 10 ha: in tale caso la norma indica che, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Per la valutazione di compatibilità idraulica nell'ambito di intervento, si fa presente che:

- Per la determinazione dei volumi di invaso si sono considerate le curve di possibilità pluviometrica indicate nel PAT e riprese nei PI per un tempo di ritorno di 50 anni per la stazione di misura di Verona:

Coefficienti della curva di possibilità pluviometrica		
Tr (anni)	a (mm h^n)	n
50	61,48	0,153

- a fronte di una trasformazione del suolo, il deflusso nello stato di progetto deve essere uguale al valore presente nello stato attuale; per il dimensionamento delle opere compensative si è considerato uno scarico massimo delle acque meteoriche pari a 5 l/s ha, da smaltire per infiltrazione e con recapito finale nella rete delle acque bianche sita in via Colleoni.

Come accennato in precedenza, il volume specifico di invaso in sede di PAT è stato calcolato a 487.40 mc/ha, pertanto il volume da invasare nel caso in esame risulta:

Volume da invasare in accordo a PAT e P.I.

V_{totale} da invasare = 487.4 m^3/ha x 1.1006 ha = 536.4 m^3

Questa metodologia si basa sulla sola estensione delle superfici in gioco: altri metodi calcolano i volumi specifici di invaso sulla base di coefficienti di deflusso, convenzionalmente assunti come segue (DGRV 2948/2009):

- Superfici coperte (tetti): 0.9
- Aree a verde: 0.2
- Aree con pavimentazione semipermeabile: 0.6
- Strade e marciapiedi imperrmeabili: 0.9

Il coefficiente di deflusso viene calcolato con l'espressione $\varphi' = \Sigma \varphi_i S_i / S$

Le superfici *allo stato attuale* sono:

Aree a verde	11006 mq

Equivalendo ad un coefficiente di deflusso:

φ' attuale = 0.10

Le superfici *allo stato di progetto* valgono:

Aree impermeabili	6867.79 mq
Aree semimpermeabili	203.50 mq
Aree a verde	3934.71 mq

Equivalenti ad un coefficiente di deflusso:

φ' progetto = 0.64

Tempo di corrivazione tc

Il tempo di corrivazione è definito come il tempo impiegato da una goccia d'acqua che cade in quel punto per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. In via semplificata, questo tempo viene considerato una costante dipendente solo dal punto e non dalle condizioni di moto che possono variare da un evento di pioggia all'altro (particolarmente in base alle caratteristiche del suolo e dell'evento di pioggia). Le ipotesi che si fanno sul tempo di corrivazione sono le seguenti:

- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende unicamente dalla posizione del punto in cui essa è caduta;
- la velocità della singola goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre; in realtà la velocità dell'acqua dipende, oltre che dalle caratteristiche della superficie bagnata anche dal tirante idrico: ne consegue che in uno stesso bacino si possono avere valori diversi dei tempi di corrivazione sia in dipendenza delle caratteristiche del suolo sia anche durante la stessa precipitazione in funzione della durata e dell'intensità dell'evento.
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante alla sezione di chiusura.

Per bacini urbani il tempo di corrivazione (tc) può essere stimato, in prima approssimazione, come somma di una componente di accesso alla rete (to) che rappresenta il tempo impiegato dalla particella d'acqua per giungere alla più vicina canalizzazione della rete scorrendo in superficie, e dal tempo di rete (tr) necessario a transitare attraverso i canali della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura:

$$Tc = to + tr$$

I valori di to e di tr vengono calcolati con le seguenti formule:

Formula di Boyd: $t_0 = k * S^d$

con :

k = 2.51 (costante)

d = 0.38 (costante)

S = 0.011006 kmq Superficie area di trasformazione

$$t_r = \frac{\sqrt{1.5 * S_{URB}}}{v}$$

con :

v = 1 m/s (costante)

S = 0.011006 kmq Superficie area di trasformazione

to (minuti) =	27,14		tr (minuti) =	7,71		tc (minuti) =	34,85
to (ore) =	0,45		tr (ore) =	0,13		**tc (ore) =**	**0,58**
to (secondi) =	1628,53		tr (secondi) =	462,55		tc (secondi) =	2091,08
to(giorni) =	0,018848713		tr (giorni) =	0,00535364		tc (giorni) =	0,024

Tc presenta un valore concorde alla tabella di Fair (1966) per aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti (20 – 30 min).

L'altezza (in millimetri) della precipitazione per il tempo t pari al tempo di corrivazione e per tempi di ritorno di 50 anni vale:

$$h = a * t_c^n$$

nel caso in esame si ottiene h = 56.56 mm

Coefficiente udometrico per portata allo scarico

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi (portate) è detto “coefficiente udometrico”. La trasformazione d’uso del suolo introdotta dalle nuove urbanizzazioni implica l’aumento del coefficiente udometrico u, con il conseguente aumento della portata scaricata nei corpi idrici ricettori: per mantenere inalterato il contributo specifico dell’area d’intervento, risulta necessario formare volumi d’invaso che consentano di ridurre le portate in uscita durante gli eventi di meteorici. Il calcolo dei volumi d’invaso necessari si effettua considerando costante il valore della portata in uscita ($Qu=u \cdot S$) dal bacino, posto pari a quello che si stima essere prodotto dalle superfici scolanti, prima che ne venga modificata la destinazione d’uso.

L’elevata permeabilità del terreno e l’elevata profondità della falda nell’area d’intervento, e la lontananza da corpi recettori superficiali, consigliano di smaltire al suolo i nuovi carichi idraulici prodotti dalle nuove urbanizzazioni, scaricando il troppo pieno nella rete di acque bianche presente in via Colleoni. Nei calcoli dei volumi da invasare si è considerata una capacità d’infiltrazione minima di 5 l/s per ettaro, pari a 5.503 l/s.

Le norme suggeriscono di effettuare i calcoli per la valutazione dell’invaso di laminazione con varie modalità, e di utilizzare i valori più cautelativi.

Calcolo con il metodo razionale

La determinazione delle portate scolanti avverrà applicando il metodo delle piogge per le curve di possibilità pluviometrica a due parametri (a, n) di equazione con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 50 anni:

$$h = a\, t^n$$

Il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere tramite la seguente relazione:

$$Ve = S \times \varphi \times h(t) = S \times \varphi \times a\, t^n$$

dove φ e il coefficiente di deflusso e S è la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso. Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo t di tempo sarà invece:

$$Vu = Qu \times t = S \times u \times t$$

dove Qu e u sono rispettivamente la portata e il coefficiente udometrico imposti allo scarico. Il volume invasato al tempo t sarà allora dato dalla differenza dei volumi in ingresso e in uscita dal sistema:

$$V = Ve - Vu$$

La determinazione del volume di laminazione necessario è fornita di seguito:

$$t_{max} = (Qu/\, S\, \varphi\, a\, n)^{1/n-1 =} = 4.16 \text{ h}$$

$$h = a\, t_{max}^{\,n} = 76.45 \text{mm}$$

$$V \text{ minimo invaso} = \varphi\, S\, h - Qu\, t = 456.6 \text{ mc}$$

Corrispondente ad un valore di 414.9 mc/ha (si ricorda che come Qu è stato posto il valore di 5 l/s ha).

Gli elaborati di calcolo sono riportati in allegato.

Calcolo volume di invaso dal tempo di corrivazione

Un'altra metodologia prevede di eseguire un calcolo del tempo di corrivazione, di modo che lo stesso risulti variabile a seconda dell'estensione della superficie da trasformare: si tratta di calcolare la cosiddetta "durata di precipitazione critica" ovvero quella durata (in genere maggiore del tempo di corrivazione) che massimizza la differenza tra il volume di invaso prima e dopo la trasformazione: variando la durata della pioggia, si devono calcolare i relativi invasi e prendere in considerazione il maggiore. Questa operazione viene fatta con l'ausilio dell'analisi differenziale, utilizzando una funzione che contempli i due diversi invasi e ne faccia la differenza, e che dipenda dal tempo di pioggia; si calcola la derivata e la si pone =0 ricavando i valori massimi.

Le formule che seguono consentono di determinare il tempo di pioggia critico, considerando una portata di laminazione lineare, con coefficiente n moltiplicato del fattore di sicurezza 4/3 (a favore della sicurezza), per sopperire al fatto che il coefficiente di deflusso viene ipotizzato costante, mentre in realtà varia con la durata della precipitazione.

Premesso che l'altezza della precipitazione per il tempo t pari al tempo di corrivazione e per tempi di ritorno di 50 anni vale, come visto in precedenza:

$$h = a * t_c^n = 56.56 \text{ mm}$$

Il valore di portata dell'area prima della trasformazione si ricava dalla relazione:

$$Qi = \frac{a * \left(\frac{tc}{60}\right)^{\frac{4n}{3}-1}}{\frac{1000}{3600}} * \varphi 1 * A * 1000$$

Mentre dopo la trasformazione vale:

$$Qf = \frac{a * \left(\frac{tc}{60}\right)^{\frac{4n}{3}-1}}{\frac{1000}{3600}} * \varphi 2 * A * 1000$$

Con φ_1 e φ_2 coefficienti di deflusso prima e dopo la trasformazione

Applicando le relazioni si ricava che:

Qi = 28.97 l/s

Qf = 185.38 l/s

Da cui Qi/Qf = 0.156. Si calcola quindi la pioggia critica Tr, ricordando che tc = 34.85 min, sulla base di grafici che riportano Qi/Qf in ascissa e y= Tr/tc in ordinata, con curve per diversi valori di n. Si ottiene:

Tr = 41.82 min

Si ricava ora il volume critico di invaso, cioè il volume da reperire in relazione alla trasformazione dell'area:

$$V_{CR} = \left(\frac{Qf*tc*60}{1000}\right) * \left[\left(\frac{Tr}{tc}\right)^{\frac{4n}{3}} - \left(0.5 * \frac{Qi}{Qf}\right) * \left(\frac{Tr}{tc} + 1\right)\right] = 335.69 \text{ mc}$$

La formulazione differisce dal metodo razionale in quanto i volumi sono funzione del tempo di corrivazione e del grado di impermeabilizzazione e non di un valore fissato di portata in uscita.

Calcolo speditivo volume di invaso

Secondo questo metodo, il coefficiente udometrico si può calcolare come segue:

$$u = \frac{p_0 \cdot n \cdot (\varphi \cdot a)^{1/n}}{w^{\frac{1}{n}-1}}$$

Dove p_0 è un parametro dipendente dalle unità di misura e dal tipo di bacino, a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, φ il coefficiente di deflusso e w il volume di invaso specifico. Volendo mantenere costante il coefficiente udometrico al variare del coefficiente di deflusso φ, per valutare i volumi di invaso in grado di modulare il picco di piena si ha, indicando con φ_0 e w_0 il coefficiente di deflusso ed il volume specifico di invaso prima della trasformazione d'uso del suolo, e facendo presente che il volume specifico di invaso iniziale è ricavato da valori di letteratura (Datei, 1997) e posto pari a 50 mc/ha, valore valido per fognature in ambito urbano:

$$\mathbf{w = w_0 (\varphi / \varphi_0)^{1/1-n} = 447.0\ mc/ha}$$

Il valore calcolato fornisce un invaso di 492 mc.

6.1 Definizione del volume di invaso

In definitiva, i calcoli hanno prodotto i seguenti valori dei volumi di invaso:

	m^3/ha	Area in esame
PAT	487.4 m^3/ha	536.4 mc
Metodo razionale	414.9 mc/ha	456.6 mc
Metodo corrivazione	305.0 mc/ha	335.7 mc
Invaso speditivo	447.0 mc/ha	492.0 mc

I valori da adottare sono quelli più cautelativi, quindi per il caso in esame:

Vinvaso = 536.4 mc

Con riferimento al *Repertorio Normativo dei P.I.* (Allegato alle N.T.O. art. 17 comma 5 lett. c) approvato con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, Sezione 8 – Impatto idraulico manifestazioni di interesse (aggiornato con D.G.C. n. 238 del 31.07.2013), elenco manifestazioni d'interesse prioritarie secondo bando – ATO 10, il PUA in oggetto è così classificato:

Nr. Rep.	Superficie intervento (mq)	Volume invaso metodo invaso (mc)	Volume invaso da PAT (mc)	Invaso prevalente			
				vasca laminazione	sovradimensionamento delle condotte	bacino di ritenzione	bacino e fosso di infiltrazione
109	14101	278,89	687,28	sì	sì	sì	no

I valori di invaso calcolati rispetto a quelli previsti nella tabella (rapportabili rispettivamente a 198 mc/ha e a 487.4 mc/ha) rispettano il valore imposto dal PAT e sono più cautelativi del valore minore indicato.

Il Repertorio indica come forme di smaltimento immissione nella rete di acque bianche. Tuttavia le indagini in sito hanno evidenziato:

- buona capacità di drenaggio dei terreni;
- falda a profondità> 2 m da piano campagna in fase di piena (in considerazione anche del fatto che le quote su piano campagna verranno leggermente rialzate)

Pertanto ***si ritengono idonei in linea generale anche sistemi di dispersione con bacini tramite bacino/fosso di infiltrazione e con accumulo e smaltimento in pozzi e trincee drenanti. In questo modo non si andrà a sovraccaricare la rete, dove verrà sversato solo il troppo pieno***.

6.2 Proposta di misure compensative e/o di mitigazione del rischio

La realizzazione del progetto comporterà un aumento di impermeabilizzazione del sito rispetto allo stato attuale. Si passa quindi di seguito a proporre le misure compensative per l'alterazione del regime idraulico. Nel "Prontuario per la mitigazione ambientale " – Allegato n. 2 Componente idraulica dei P.I. del comune di Verona, approvato con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, gli interventi di compensazione sono distinti in tre categorie:

- realizzazione di un volume di invaso prevalente (tipologie: accumulo in vasca laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacini e fossi di infiltrazione, bacino di ritenzione);
- realizzazione di un sistema di smaltimento prevalente delle acque nel sottosuolo (tipologie: immissioni in pozzi disperdenti; immissione in corso d'acqua, dopo laminazione in un volume di invaso; trincee drenanti; immissione nella rete delle acque bianche);
- adottare buone pratiche costruttive (pratiche mitigative): vasca di prima pioggia, recupero acque piovane, realizzazione di tetti verdi, realizzazione di parcheggi grigliati.

Si ricorda che la permeabilità dei terreni di strato B è risultata pari a $1.2\ 10^{-4}$ m/s; la falda nel corso delle indagini si attestava a 3.8 m da p.c. : in considerazione delle caratteristiche geologiche e di permeabilità del sottosuolo e della profondità del livello di falda nell'area oggetto di studio, *i sistemi di infiltrazione facilitata quali pozzi o trincee disperdenti, essendo il coefficiente di permeabilità inferiore a di 10^{-3} m/s, non possono essere presi in considerazione, se non come semplici volumi di invaso*.

Si propone quindi la realizzazione di un sistema di laminazione integrato con scarico finale nella rete di acque bianche: l'invaso sarà ottenuto tramite pozzi perdenti e depressioni nell'area verde comune. Facendo riferimento alla Tavola 8.3 relativa alla rete di smaltimento acque meteoriche, il volume necessario di V = 536.4 mc sarà così ottenuto:

Invaso tramite pozzi perdenti:

- n. 2 pozzi di diametro 2 m ed h 2 m per ciascun lotto.

Totale invaso, n. 14 pozzi perdenti: 87.92 mc

- n. 7 pozzi di diametro 2 m ed h 2 m all'interno della strada comune, collettati in rete.

Totale invaso, n. 7 pozzi perdenti: 43.96 mc

Totale invaso pozzi perdenti: 131.88 mc

Invaso di laminazione:

L'invaso nell'area verde sarà costituito da due settori collegati da un troppo pieno di diametro 250 mm, con altezza utile di 75 cm per l'invaso di monte (denominato "a" in tavola 8.3) e di 55 cm per l'invaso a valle ("b); entrambe presenteranno scarpate dolci (rispettivamente per invaso "a", 4.75° per il lato monte di e 9.70° per il lato valle; per invaso "b", 9.60° per il lato monte di e 12.6° per il lato valle). Le acque di scorrimento saranno fatte convergere verso l'invaso grazie ad idonee pendenze; inoltre, per migliorare il deflusso naturale per tutta la viabilità, saranno inserite trasversalmente delle cunette stradali prefabbricate di invito. Come da richiesta del comune di Verona, rif. PUA n. 719_209, istanza del 28 Luglio 2015, P.G. n. 220923 - prot.312299 del 27 Ottobre 2015, *i pozzi perdenti a servizio dei lotti non saranno collegati alla rete presente nell'area comune*, in accordo al Regolamento Comunale che prevede che " le acque ricadenti nei lotti residenziali privati devono essere smaltite all'interno degli stessi".

L'invaso sarà quindi così costituito:

Pozzi perdenti

Totale invaso di laminazione (a + b): 413.48 mc

Pozzi perdenti aree comuni: 43.96 mc

Pozzi perdenti lotti: 87.92 mc

Trascurando i volumi di invaso forniti dalle tubazioni della rete delle acque bianche, per l'ambito del PUA si ottiene:

Vinvaso = 545.36 mc> 536.40 mc invaso teorico

Data la permeabilità dei terreni, l'invaso così costituito consentirà comunque l'infiltrazione e la reimmissione in falda delle acque meteoriche e di scorrimento; la relativa aliquota non è stata considerata nei calcoli, in accordo a quanto previsto da DGRV 2948/09 e dal Repertorio Normativo dei P.I. (Allegato alle N.T.O. art. 17 comma 5 lett. c) approvato con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, Sezione 8 – Impatto idraulico manifestazioni di interesse (aggiornato con D.G.C. n. 238 del 31.07.2013), che per il PUA in esame indicava come forme di smaltimento l'adozione di misure quali vasca di laminazione, sovradimensionamento condotte e bacino di ritenzione. Smaltendo le acque dei lotti all'interno degli stessi, i pozzi perdenti dell'area pubblica sono per questo motivo tutti collettati in una rete di acque bianche, anche se l'intento è di smaltire tutte le acque meteoriche nell'ambito del PUA, utilizzando la rete di via Colleoni solo per il recapito di un eventuale troppo pieno.

Si consiglia infine di dotare ciascun lotto di una vasca per il recupero delle acque meteoriche per il successivo riutilizzo in sito.

6.3 Dimensionamento delle luci di scarico

Poiché il PUA rientra nella classe di intervento definita di "significativa impermeabilizzazione potenziale", in quanto interessa superfici tra 1 ed 10 ha, la D.G.R.V. n. 2948/09 indica che, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Come accennato, il battente è stato dimensionato in funzione della rete di acque meteoriche presente in via Colleoni, su cui verrà scaricato l'eventuale troppo pieno delle acque invasate nell'area verde.

La massima portata che può essere scaricata è pari a 5 l/s per ettaro di lottizzazione, quindi:

Qmax scaricata = 5 l/s ha x 1.1006 ha = 5.503 l/s

A tal fine si dimensiona la bocca tarata in uscita dal bacino di laminazione.

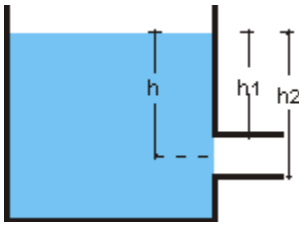
Per il calcolo del diametro della bocca tarata si procede a ritroso utilizzando le formule di calcolo delle portate con luce a spigolo vivo con i diametri commerciali. La lunghezza del tronco deve essere sufficiente in modo da consentire il riattacco della vena contratta ma non tale da determinare perdite continue significative. E' in genere sufficiente la lunghezza di un paio di diametri per assicurare le precedenti condizioni.

La relazione utilizzata è la seguente:

$$Q = \mu S\sqrt{2gh}$$

con coefficiente di contrazione $\mu = 0.61$.

Nel caso in esame, trattandosi di troppo pieno, e volendo limitare le portate al valore citato di 5.503 l/s, con battente di 0.16 m e tubazione in uscita pari a 80 mm, si ottiene:



Q=0,00543 m³/s = 5,43 l/s < 5,503 l/s = Q_{amm}

Visto il piccolo diametro, la bocca va sempre manutentata in modo tale da evitare la possibilità di ostruzione.

7 Considerazioni conclusive

La presente valutazione di compatibilità idraulica è relativa all'ambito del P.U.A. di via B. Colleoni presso Cà di David nel comune di Verona: in conformità a quanto in precedenza esposto, a quanto previsto dalle norme vigenti, con particolare riferimento alla DGRV n. 3637/2002 ed alla DGRV n. 1322/2006, a quanto indicato da PAT e PI del comune di Verona, si riassumono le caratteristiche e la situazione dell'area indagata:

- A seguito delle indagini condotte, la stratigrafia dei terreni risulta la seguente:

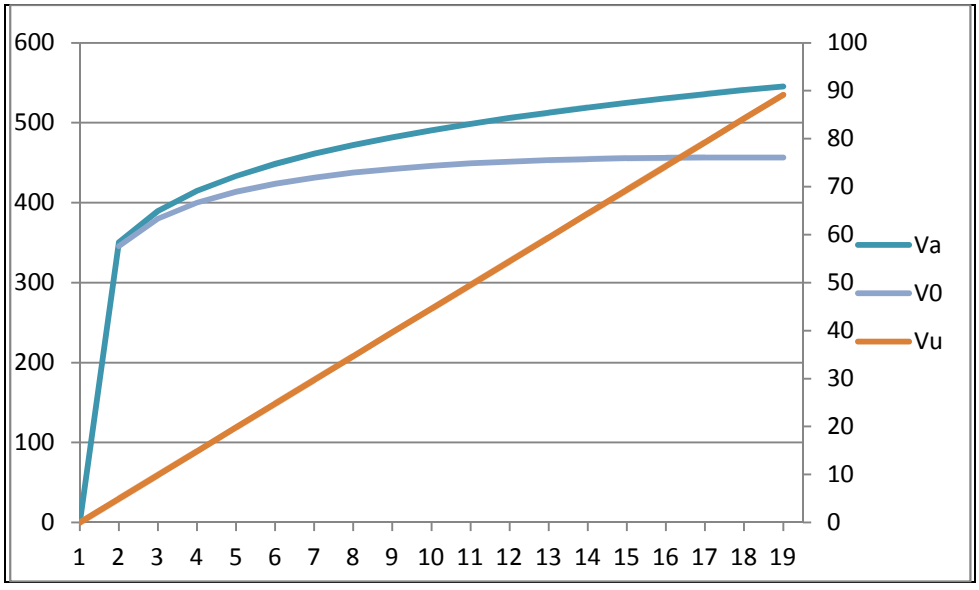
Strato	Descrizione litologica	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)
A	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone	0.10 - 1.00	0.10 - 1.00
B	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici da centimetrici a decimetrici, con occasionali trovanti pluridecimetrici, arrotondati e localmente con tracce di cementazione.	Oltre 4.30	N.D.

- L'intervento si svolgerà su di un terreno pianeggiante a margine di un'area urbanizzata; la falda freatica all'epoca delle indagini è risultata attestarsi a profondità minima di 3.80 m da piano campagna (con riferimento al piano quotato dello stato attuale, risulta quindi posta a circa 42.8 – 42.4 m s.l.m). Da prove in sito, la permeabilità è risultata pari a 1.2×10^{-4} m/s, valore corrispondente ad un elevato grado di permeabilità e ad un buon drenaggio, ma non sufficiente per considerare sistemi di infiltrazione facilitata; non vi è una rete idraulica ricettrice in prossimità dell'area di intervento, mentre lungo via Colleoni vi è una rete di acque bianche;
- per ridurre il carico idraulico derivante dall'impermeabilizzazione conseguente alla realizzazione del PUA in oggetto, si propone di smaltire le acque provenienti dalle aree impermeabilizzate conferendole in un doppio invaso ricavato nell'area verde comune, coadiuvato da n. 7 pozzi perdenti (diametro 2 m ed altezza 2 m) collettati in una rete di acque bianche; inoltre, ciascun lotto residenziale dovrà essere attrezzato con due pozzi delle medesime dimensioni: la capacità totale dell'invaso così costituito sarà di 545.36 mc, a fronte dei 536.40 mc teorici richiesti. Si fa presente che, data la buona permeabilità dei terreni, l'infiltrazione e la reimmissione in falda delle acque meteoriche e di scorrimento avranno comunque luogo: tuttavia l'aliquota relativa non è stata considerata nei calcoli delle misure compensative, in accordo a quanto previsto dalla DGRV 2948/09 e dal Repertorio Normativo dei P.I. (Allegato alle N.T.O. art. 17 comma 5 lett. c) approvato con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, Sezione 8 – Impatto idraulico manifestazioni di interesse (aggiornato con D.G.C. n. 238 del 31.07.2013), che per il PUA in esame indicava come forme di smaltimento l'adozione di invasi costituiti da vasche di laminazione, sovradimensionamento condotte e bacini di ritenzione: sulla base degli studi condotti, si può affermare che le misure proposte in questa sede consentiranno di smaltire le acque meteoriche nell'ambito del PUA, utilizzando la rete di via Colleoni solo per il recapito di un eventuale troppo pieno.

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE DEL VENETO
Dr. Geol. SILVIA DALEFFE N° 413

Dott. Geol. Silvia Daleffe

Allegato

Tabulati di calcolo metodo razionale

t	t	altezza di pioggia	Qa	Va	Vu	V0
min	ore	h	mc/s	mc	mc	
15	0,25	49,73	0,390	350,6	4,95	345,6
30	0,50	55,29	0,217	389,8	9,91	379,9
45	0,75	58,83	0,154	414,7	14,86	399,9
60	1,00	61,48	0,120	433,4	19,81	413,6
75	1,25	63,62	0,100	448,5	24,76	423,7
90	1,50	65,41	0,085	461,1	29,72	431,4
105	1,75	66,98	0,075	472,1	34,67	437,5
120	2,00	68,36	0,067	481,9	39,62	442,3
135	2,25	69,60	0,061	490,7	44,57	446,1
150	2,50	70,73	0,055	498,6	49,53	449,1
165	2,75	71,77	0,051	506,0	54,48	451,5
180	3,00	72,73	0,047	512,7	59,43	453,3
195	3,25	73,63	0,044	519,0	64,39	454,7
210	3,50	74,47	0,042	525,0	69,34	455,6
225	3,75	75,26	0,039	530,5	74,29	456,2
240	4,00	76,01	0,037	535,8	79,24	456,6
255	4,25	76,71	0,035	540,8	84,20	456,6
270	4,50	77,39	0,034	545,5	89,15	456,4
285	4,75	78,03	0,032	550,1	94,10	456,0
300	5,00	78,65	0,031	554,4	99,05	455,4
315	5,25	79,24	0,030	558,6	104,01	454,6
330	5,50	79,80	0,028	562,6	108,96	453,6
345	5,75	80,35	0,027	566,4	113,91	452,5