



COMUNE DI GRISIGNANO DI ZOCCO
PROVINCIA DI VICENZA
REGIONE VENETO



IMPIANTO DI RECUPERO
RIFIUTI INERTI NON PERICOLOSI

sito in Via Serenissima - Grisignano di Zocco

Progetto definitivo

TITOLO ELABORATO:		ELABORATO N°:
VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA		H
PROPONENTE:		DATA:
	SCA.MO.TER. RECYCLING s.a.s. di Pipero Antonino Sede Legale: Via Cenge 10 - 36057 Arcugnano (VI) P.I. e C.F.: 02035540240 Tel: 0444.387249 Fax: 0444.264709	Marzo 2017
STUDIO INCARICATO:	GRUPPO DI LAVORO:	
 Studio Calore srl Consulenza Ambientale Via Lisbona, 7 - 35127 - PADOVA Tel. 049 8963285 - Fax 049 8967543 - info@studiocalore.it - www.studiocalore.it C.F. e P. IVA 04542110285 - R.E.A. n. 398131 - Cap. Soc. euro 10.000,00 i.v.	Dott.ssa Diletta GALVAGNIN Dott. Andrea TREU Ing. Marco SELMO	
Dott. Alessandro Calore Consulente Ambientale _____ Amministratore Unico	Dott. Michele VINCENZI 	



V A L U T A Z I O N E

DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA.....	6
3.1. Ubicazione	6
3.2. Caratteristiche geologiche e geomorfologiche.....	9
3.3. Caratteristiche idrogeologiche	11
3.4. La rete idrografica superficiale	13
3.5. Pericolosità e Rischio idraulico	14
4. DESCRIZIONE DEL BACINO	16
5. PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO.....	17
5.1. Tempo di ritorno	17
5.2. Curve di possibilità pluviometrica	18
5.3. Coefficienti di deflusso	19
5.4. Tempo di corrivazione	21
5.5. Portata di scarico.....	22
6. PORTATE E VOLUMI D'ACQUA METEORICA	23
6.1. Il metodo cinematico	23
6.2. Il metodo delle sole piogge	25
6.3. Il metodo dell'invaso lineare	26
6.4. Il metodo del Curve Number	28



6.5. Validazione dei risultati	35
7. L'INVARIANZA IDRAULICA.....	36



1. PREMESSA

La presente relazione costituisce lo Studio di Valutazione di Compatibilità Idraulica, ai sensi della D.G.R.V. n° 1322 del 10/05/06, come modificata dalla D.G.R.V. 1841/2007 e dalla D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009, di un'area situata in zona produttiva, ove la Ditta **SCA.MO.TER. RECYCLING Sas** intende avviare un'attività di recupero di rifiuti inerti.

L'analisi conoscitiva del sito è stata attuata raccogliendo tutte le informazioni provenienti dalla bibliografia specifica, da altri studi compiuti in precedenza nella zona. Nelle pagine successive, quindi, si susseguiranno, in ordine di approfondimento:

- la descrizione generale dell'area;
- la descrizione del bacino e della rete scolante;
- l'analisi idrologica;
- l'analisi idraulica;
- l'invarianza idraulica.



2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.C.R.V. n° 107 del 05/11/2009** *“Piano di Tutela delle Acque.”*
- D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009** *“L. 3 agosto 1998, n. 267 – Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.”*
- D. Com. Istituz. n.4 del 19 giugno 2007** *“Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione. Adozione della 1° variante e delle corrispondenti misure di salvaguardia.” in Gazzetta Ufficiale n.233 del 6 ottobre 2007.*
- D.G.R.V. n. 1841 del 19/06/2007** *“L. 3 agosto 1998, n. 267 – Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica D.G.R. 1322 del 10 maggio 2006, in attuazione della sentenza del TAR del Veneto n. 1500/07 del 17 maggio 2007.”*
- Provincia di Vicenza (2006)** *“Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale” (PTCP)” con successive modifiche.*
- D.G.R.V. n. 1322 del 10/05/2006** *“Valutazione di Compatibilità Idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici.”*
- D. Lgs. 03/04/06, n° 152** *“Norme in materia ambientale.”*
- LR VENETO 23/04/04, n° 11** *“Norme per il governo del territorio.”*
- D.G.R.V. 07/05/03 n° 23** *“Perimetrazione del Bacino scolante in laguna di Venezia.”*
- D.M. 30/07/99** *“Limiti degli scarichi industriali e civili che recapitano nella laguna di Venezia e nei corpi idrici del suo bacino scolante (...)”*
- L. 03/08/98, n° 267** *“Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove*



indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici.”

D.M. LL.PP. 08/01/97 n° 99

“Regolamento per la definizione dei criteri e del metodo in base ai quali valutare le perdite degli acquedotti e delle fognature.”

DPCM 04/03/96

“Disposizioni in materia di risorse idriche.”

D.G.R.V. n° 255/91

Piano per la prevenzione dell'inquinamento e il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella Laguna di Venezia.”

D.G.R.V. 01/09/89 n° 962

“Piano Regionale di Risanamento delle Acque”

Sono poi state attentamente considerate le:

- *“Linee guida per la redazione dello studio di compatibilità idraulica”,* redatte dal Consorzio di Bonifica ALTA PIANURA VENETA.
- *“Indicazioni progettuali”,* contenute nella relazione di *Valutazione di Compatibilità Idraulica* del P.A.T. comunale.

3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA

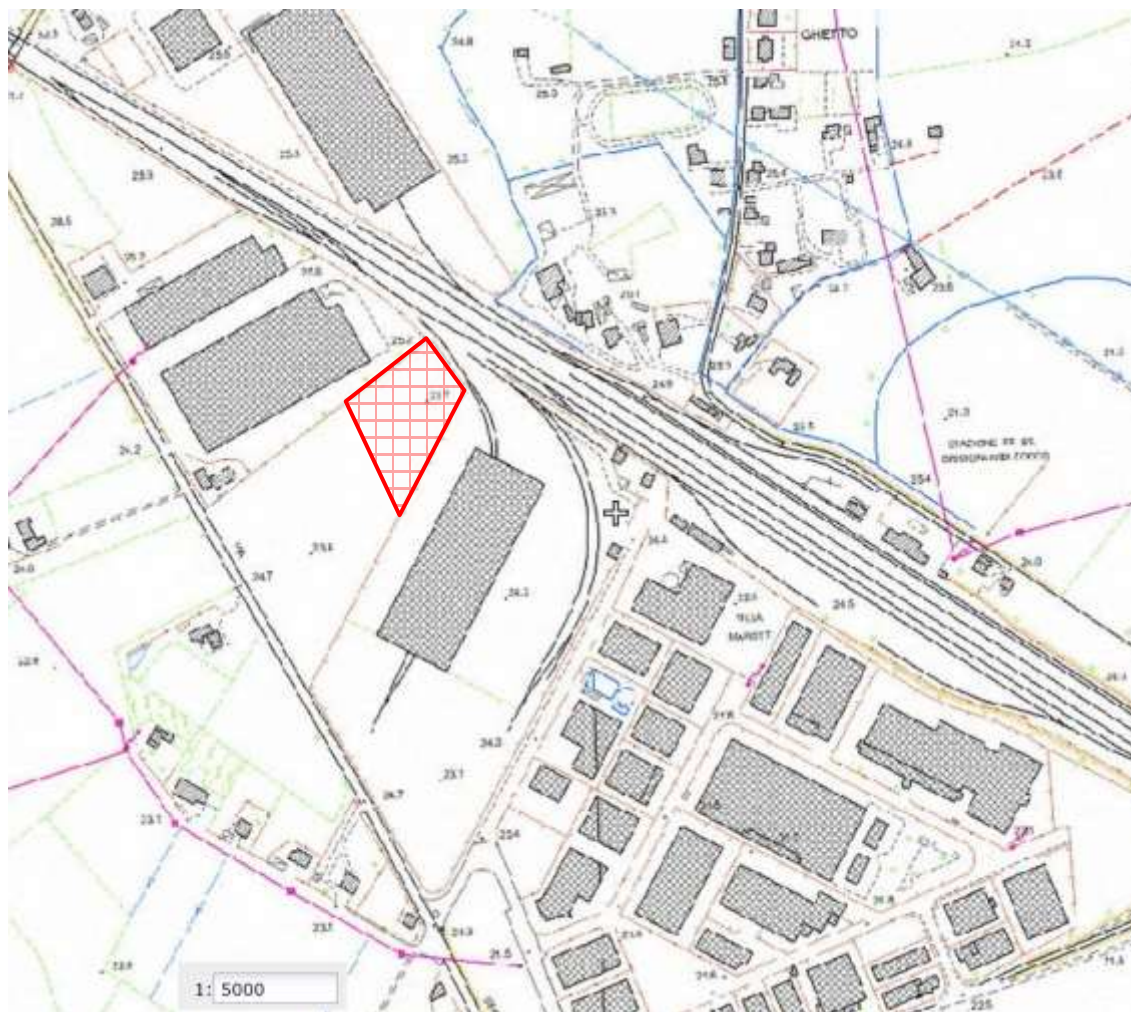
3.1. UBICAZIONE

Come evidenziato nelle figure riportate di seguito, l'area che la Ditta intende utilizzare è ubicata nella zona industriale del Comune di Grisignano di Zocco, in via Grimana.

Figura 1: Foto aerea.



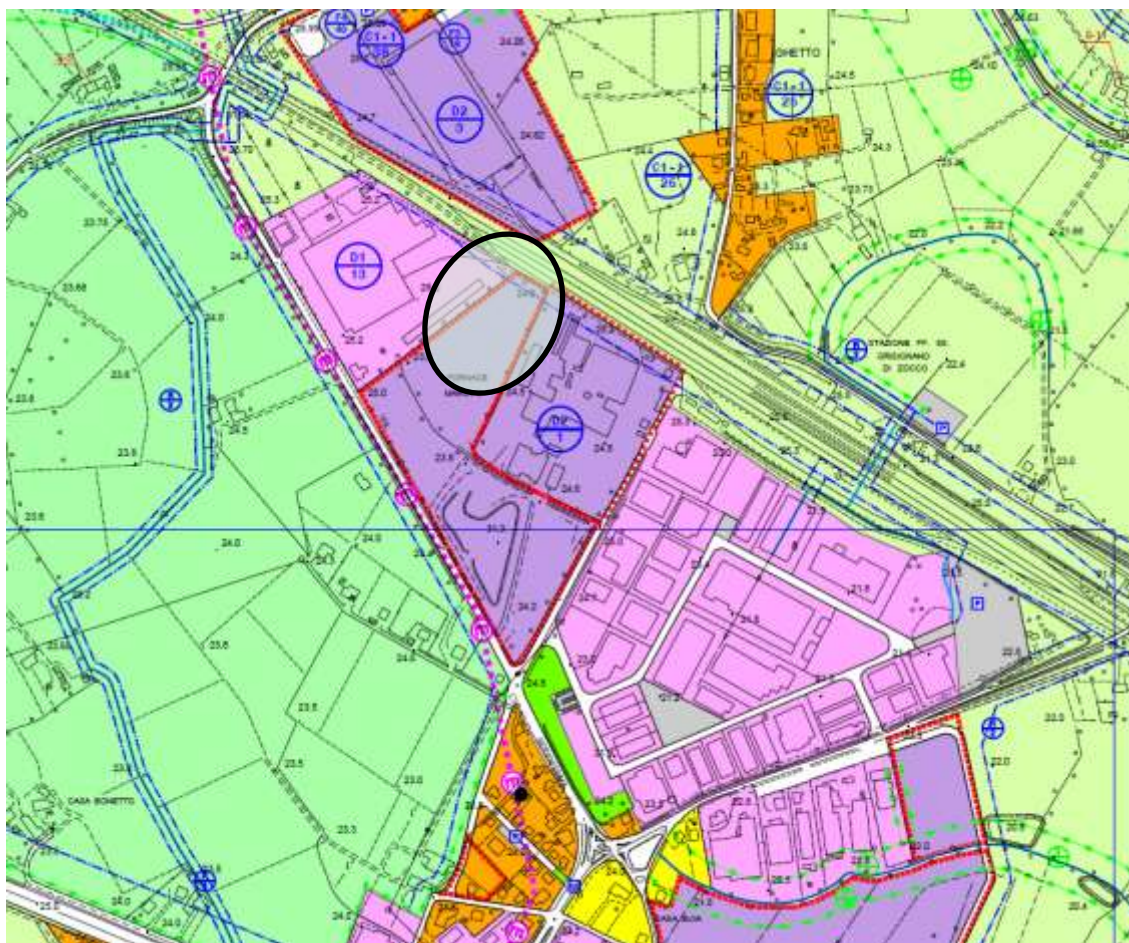
Figura 2: Ubicazione dell'impianto su CTR.



L'area è classificata nel P.R.G. comunale come zona ZTO/D1 (industriale-artigianale di completamento) ed è catastalmente individuata al Foglio 4, mappali 683, 682, 684, 661, 695 e 396.



Figura 3: Estratto del Piano Regolatore Generale.



3.2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

L'area in cui la ditta SCA.MO.TER. intende avviare l'attività di recupero di rifiuti inerti si trova nella media pianura vicentina.

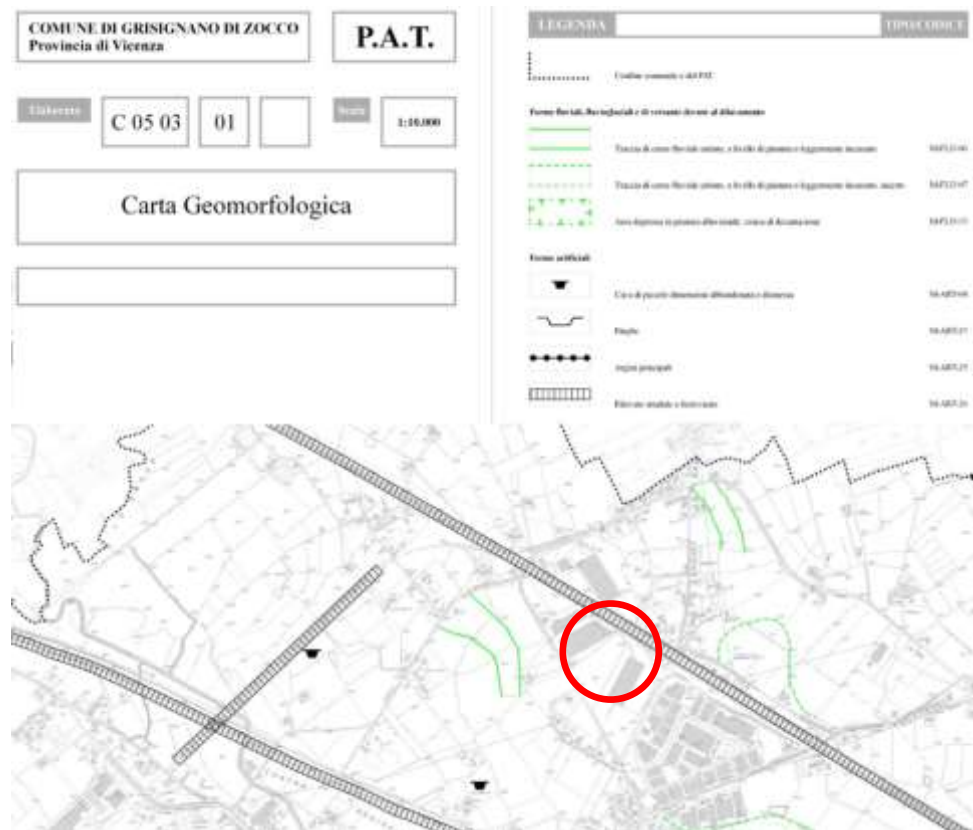
La Carta delle Unità Geomorfologiche della Regione del Veneto la pone tra le forme di accumulo, in particolare tra i depositi fluviali della pianura alluvionale recente (vedi figura alla pagina seguente), in prossimità di fasce di divagazione dei fiumi (paleo-alvei).

Il territorio è perciò pianeggiante, a quote di circa 24 m slm, con lieve pendenza verso SE inferiore all'1%.

Non si osservano nei dintorni elementi naturali di particolare risalto morfologico, anche perché l'impianto si trova in un'area industriale.

Nella Carta Geomorfologica del PAT nell'area circostante l'impianto vengono segnalati soltanto rilevati stradali o ferroviari, tracce di corso fluviale estinto, a livello di pianura o leggermente incassato, cave di piccole dimensioni abbandonate o dismesse.

Figura 4: Carta Geomorfologica del PAT.





Il sottosuolo della zona è costituito da un potente materasso alluvionale, generato dalle deposizioni soprattutto del F. Brenta a partire dal Quaternario, quando il fiume, come anche l'Adige, l'Astico ed il Piave, in mancanza di alvei stabili perché non ancora imbrigliati dagli argini antropici, divagava ampiamente e disperdeva i materiali trasportati su aree molto vaste.

Le conoidi ghiaiose dei vari corsi d'acqua si sono spinte a valle per distanze differenti, condizionate dai diversi caratteri idraulici di ciascun fiume, come variabili sono anche la lunghezza delle varie conoidi sovrapposte di uno stesso fiume, in funzione del regime che caratterizzava il corso d'acqua al momento della loro deposizione. Perciò, le varie conoidi risultano tra loro interdigitate e danno luogo ad un materasso alluvionale non più uniformemente ghiaioso, ma bensì costituito da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi e di livelli limoso-argillosi (di origine palustre, lacustre o marina). Questa situazione è caratteristica della media pianura veneta, lungo una fascia di 5-10 km a valle della "linea delle risorgive".

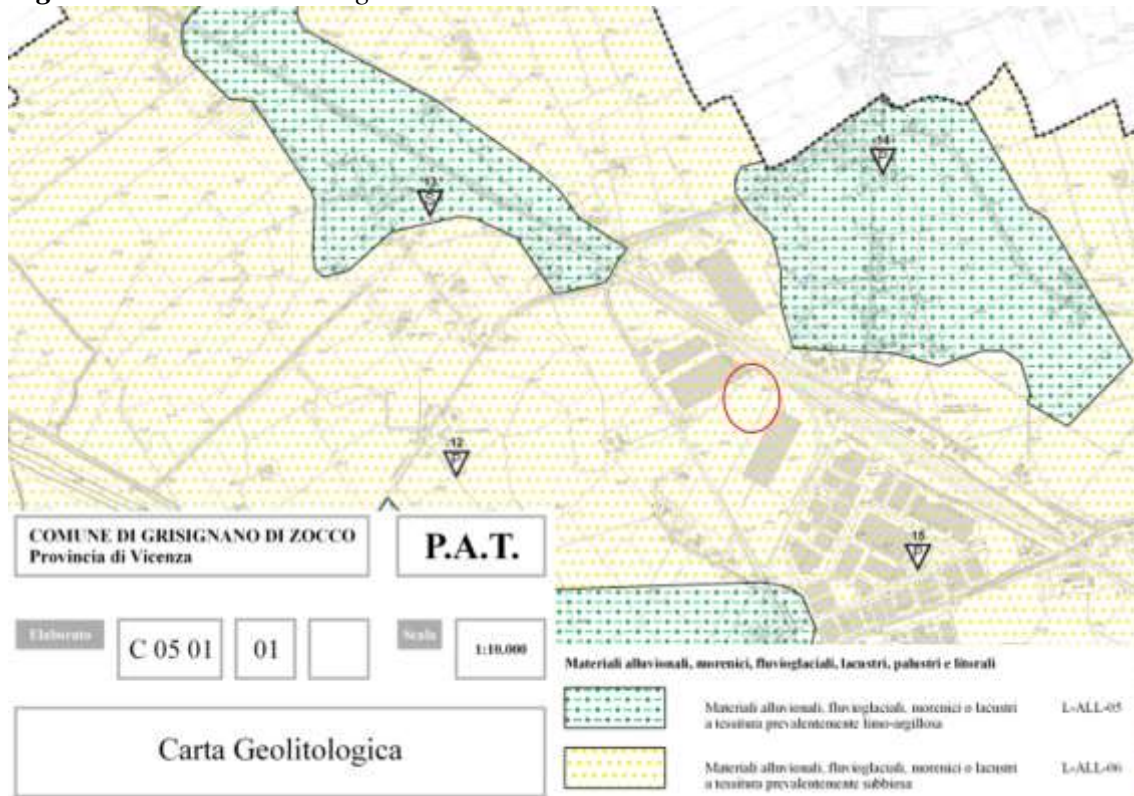
Dalla fascia indifferenziata scendendo verso valle, lo spessore complessivo delle ghiaie diminuisce progressivamente: i singoli letti ghiaiosi si assottigliano sempre più e la maggior parte di essi si esaurisce entro i materiali limoso-argillosi, mentre aumenta quello dei materiali fini, limoso-argillosi.

Nella bassa pianura si riconosce un'ultima fascia che, estesa sino alla costa adriatica, è caratterizzata da un sottosuolo formato in prevalenza da orizzonti limoso-argillosi, alternati a livelli sabbiosi, generalmente di origine marina. I corpi ghiaiosi delle grandi conoidi alluvionali sono ormai molto rari, di spessore piuttosto limitato e quasi sempre ad elevate profondità.

Gli spessori del materasso alluvionale aumentano mano a mano che ci si allontana dal piede dei rilievi, dove si riduce a zero, fino alla linea di costa e oltre, dove superano il migliaio di metri.

Nella Carta Geolitologica del PAT l'area appartiene al dominio "Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa".

Figura 5: Carta Geolitologica del PAT.



3.3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame si trova nella bassa pianura veneta, situata a sud della fascia delle risorgive e caratterizzata da alternanze di litotipi sabbiosi e litotipi argilloso-limosi.

Proprio questa variabilità, sia verticale che orizzontale, determina un insieme di falde superficiali, più o meno comunicanti tra loro, a volte anche ricche d'acqua, in funzione della permeabilità locale del deposito alluvionale, con livelli idrici situati a pochi metri di profondità dal piano campagna. Questo complesso superficiale di falde viene spesso indicato come "acquifero superiore".

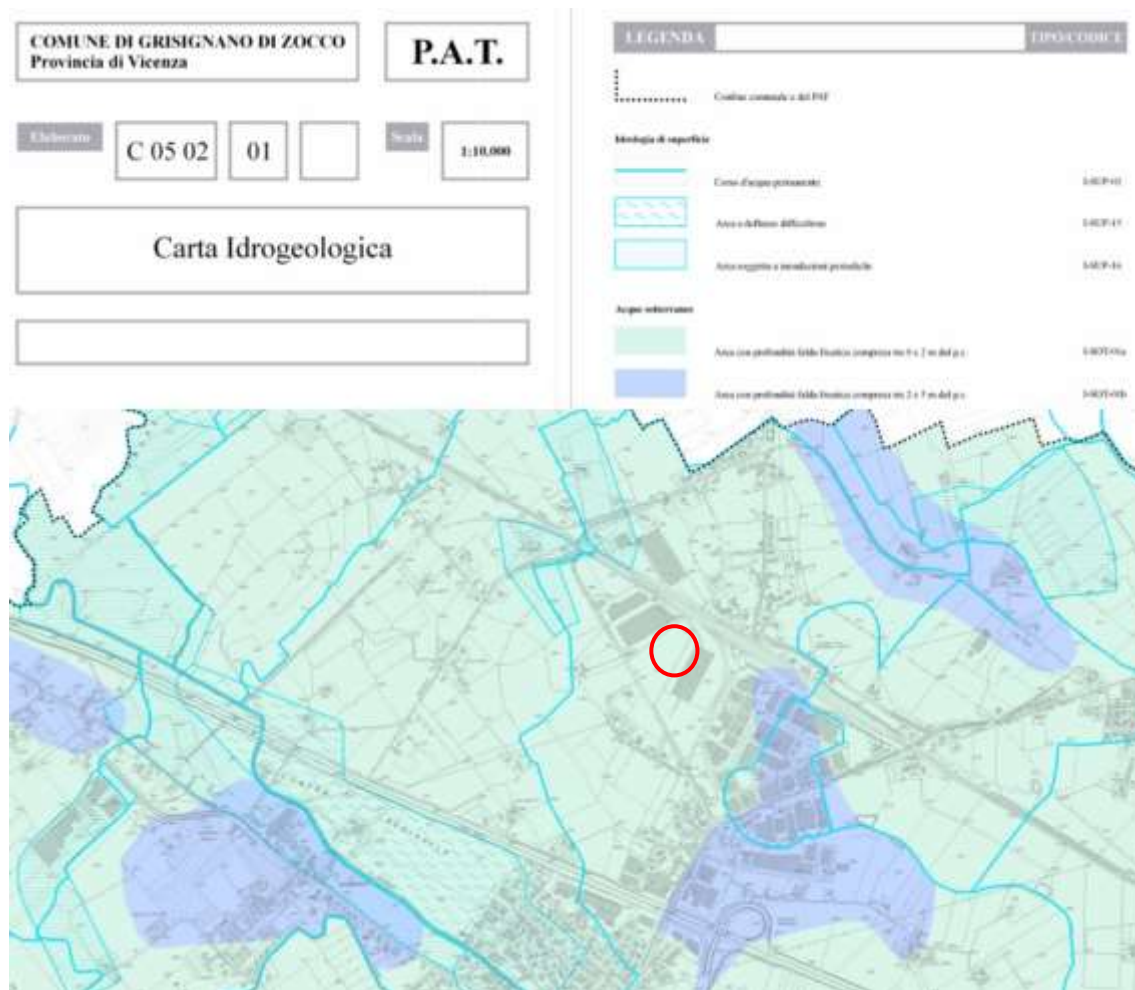
La direzione del deflusso sotterraneo è mediamente NW-SE, ma localmente può avere direzioni anche molto diverse, in relazione all'elevata variabilità strutturale dell'acquifero; il gradiente idraulico è anch'esso variabile, generalmente inferiore all'1%.



In profondità sono state individuate altre falde, a 60-70 m, a 110-120 m, a 160-170 m, per lo più in pressione, alimentate dall'acquifero indifferenziato dell'alta pianura; esse costituiscono "l'acquifero inferiore - falde confinate".

Nella Carta Idrogeologica del PAT l'area appartiene al dominio "Area con profondità falda freatica compresa tra 0 e 2 m dal p.c.".

Figura 6: Carta Idrogeologica del PAT.



La vulnerabilità della prima falda è generalmente elevata, data la sua scarsa profondità, mentre diventa bassa per le falde profonde, in pressione, perché isolate idraulicamente rispetto alla superficie.



3.4. LA RETE IDROGRAFICA SUPERFICIALE

L'idrografia superficiale circostante l'area in esame è caratterizzata dalla presenza del F. Ceresone, della Roggia Tesinella e dello Scolo Settimo; altri corsi d'acqua di minore importanza sono il Rio Tessara, lo Scolo Cuminello, la Roggia Segona e lo Scolo Riazzo.

Lo Scolo Cinosa, attraversava l'area poi industrializzata, è stato in parte intubato e, dopo aver ricevuto la roggia Segona, confluisce nel Ceresone in prossimità dell'autostrada A4.

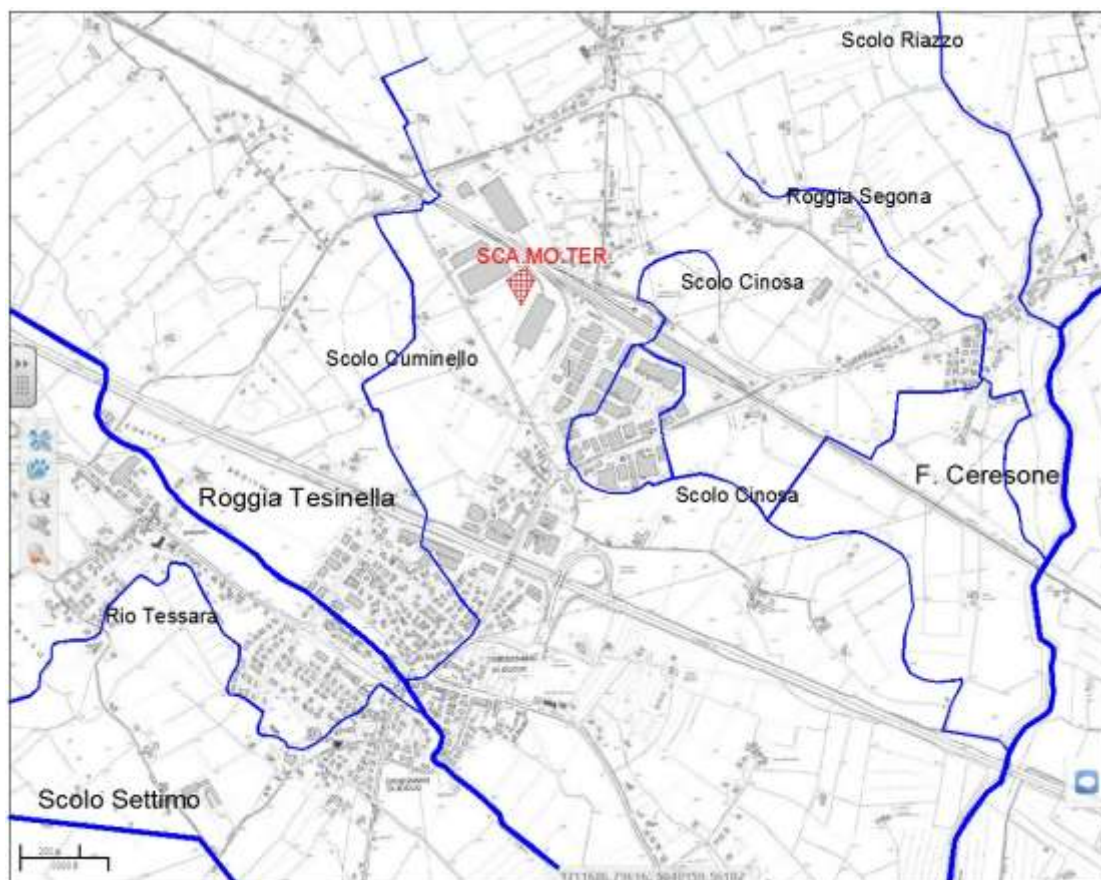
Esiste, poi, una rete idrografica minore, fatta di fossati e scoli, che drena le acque meteoriche cadute sulla zona.

Nessuno dei corsi d'acqua indicati nella figura seguente scorre nelle immediate vicinanze dell'area in esame.

Il consorzio di bonifica territorialmente competente è il



Figura 7: Reticolo idrografico principale.

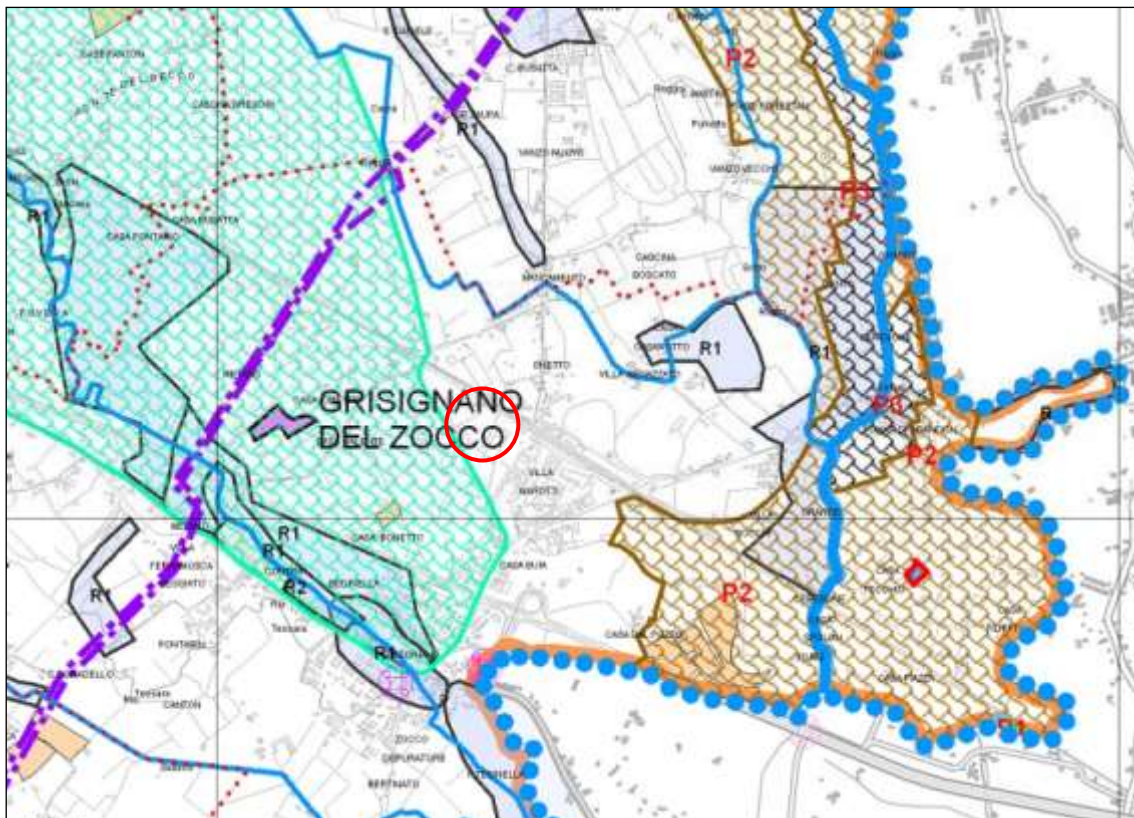


3.5. PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO

L'area in esame non rientra tra quelle considerate pericolose o a rischio idraulico, come è desumibile da una serie di cartografiche tematiche:

- *Carta della fragilità del PTCP:*

Figura 8: Estratto della Carta della fragilità del PTCP.



PERICOLOSITA' IDRAULICA PAI (Art.10)



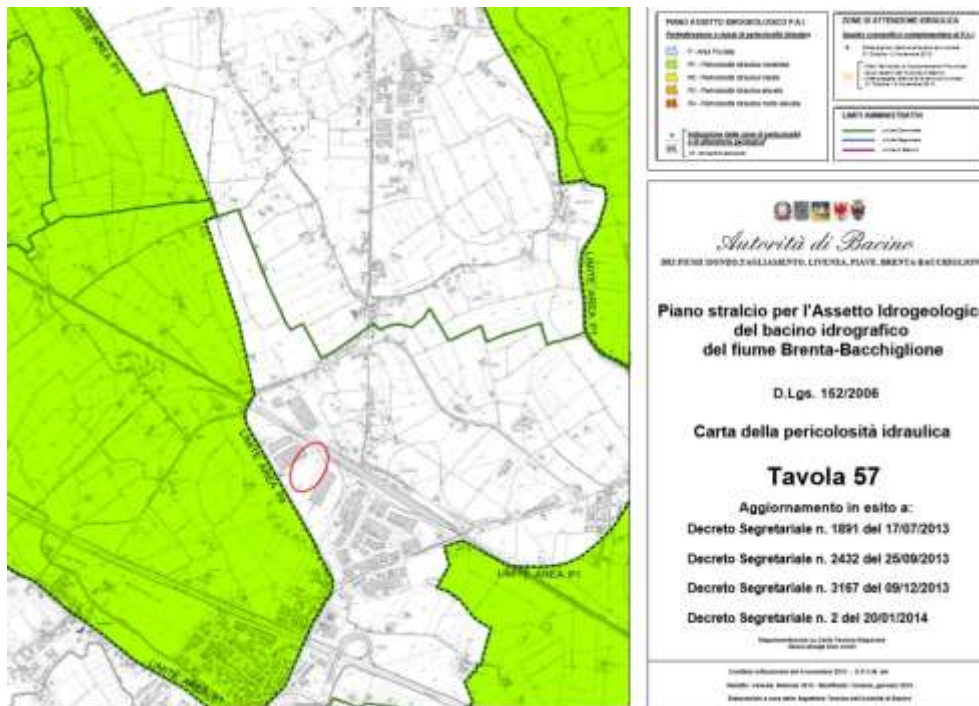
Impianto di recupero rifiuti inerti

Comune di Grisignano di Zocco (VI)



- Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Brenta-Bacchiglione:

Figura 9: Estratto della cartografia PAI.



- Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, in relazione al suo Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni 2015-2021:

Figura 10: Estratto della cartografia delle aree allagabili.





4. DESCRIZIONE DEL BACINO

L'insediamento produttivo, in cui sarà avviata l'attività di recupero, è un'area ineditata situata all'interno della zona industriale.

È un'area complessiva di circa 10.890 m², sulla quale non saranno edificate strutture tipo capannoni, ma una pavimentazione/viabilità in parte asfaltata ed in parte sterrata.

Le superfici saranno quantificate in un prossimo paragrafo.



5. PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO

L'analisi idrologica è, in questo caso, finalizzata alla stima dell'altezza di precipitazione che potrà verificarsi sulla superficie scolante, per una assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro *tempo di ritorno*).

Tale valutazione viene effettuata elaborando i dati relativi alle precipitazioni brevi e intense per una data stazione meteorologica con il metodo di Gumbel, che rende omogenee precipitazioni avvenute in stagioni diverse e quindi non direttamente comparabili.

Le elaborazioni, sulla base di prefissati tempi di ritorno, portano alla definizione di una curva di possibilità pluviometrica o climatica, che è espressa mediante l'equazione:

$$h = \alpha \cdot t^n$$

con:

h = altezza della precipitazione;

α = parametro che dipende dal tempo di ritorno con il significato di altezza di precipitazione di durata unitaria;

t = durata della precipitazione;

n = parametro dimensionale.

Questa equazione fornisce, per un assegnato valore di tempo di pioggia, t , il valore massimo di altezza, h , per il periodo pari al Tempo di Ritorno, T_R .

5.1. TEMPO DI RITORNO

Il periodo di ritorno cui si fa riferimento per il dimensionamento delle opere di collettamento delle acque meteoriche in edilizia è di regola 10 anni, ma considerando la dimostrata intensificazione dei fenomeni atmosferici negli ultimi anni, è opportuno che ogni rete di smaltimento sia dimensionata in funzione di precipitazioni con tempi di ritorno maggiori. Anche nelle *Indicazioni operative* contenute nell'Allegato A alla



D.G.R.V. n. 2948 del 06 ottobre 2009 si legge che, “*Il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a 50 anni*”.

In accordo con tali considerazioni, il T_r assunto nella presente relazione è pari a 50 anni.

5.2. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Per l'individuazione delle curve di possibilità pluviometrica, mancando uno studio specifico per il territorio di Grisignano, si è fatto riferimento, in prima istanza, allo studio *Dimensionamento delle opere idrauliche. Quaderno 1*, redatto dall'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione nel 1996. Questo studio è giunto alla regionalizzazione delle precipitazioni di durata variabile tra 1 ora e 5 giorni dimostrando inoltre la sua applicabilità anche per precipitazioni di breve durata e notevole intensità (durata inferiore ad 1 ora).

Le relazioni da utilizzare per l'analisi regionale delle precipitazioni devono essere combinate in modo da ottenere una equazione del tipo:

$$h = f(x, t, T_R)$$

che fa dipendere l'altezza dell'afflusso meteorico h dalla posizione geografica del luogo interessato x , dalla durata della pioggia t , e dal tempo di ritorno ad essa associato T_R .

L'equazione di possibilità pluviometrica per effetto della regionalizzazione assume l'espressione:

$$h = H(x) \cdot [1 + 0,35 \cdot Y(T_R)] \cdot t^{n(x)}$$

dove:

- ✓ h = altezza di precipitazione, espressa in mm;
- ✓ $H(x)$ = parametro della regionalizzazione, funzione della posizione del luogo;
- ✓ $n(x)$ = parametro della regionalizzazione, funzione della posizione del luogo;
- ✓ T_R = tempo di ritorno;
- ✓ $Y(T_R)$ = variabile ridotta di Gumbel = $-\ln(-\ln(1-1/T_R))$;
- ✓ t = durata della precipitazione, in ore.



Nel caso del territorio comunale di Grisignano $H(x) = 20$ e $n(x) = 0,31$, per cui si ottiene, per $T_R = 50$ anni:

$$h = 47,31 \cdot t^{0,31}$$

- Volendo, però, avere equazioni distinte per le piogge brevi, ma intense (piogge di scroscio) e quelle di durata superiore all'ora, si sono ricercate equazioni contenute in pubblicazioni ufficiali, come per esempio la *Valutazione di Compatibilità Idraulica* allegata al P.A.T. del Comune di Grisignano, che fa riferimento ai dati della stazione di Vicenza.

Le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un $T_R = 50$ anni, sono date dalle seguenti funzioni:

piovosità di scroscio ($t < 1$ ora)	$h = 68,020 \cdot t^{0,4518}$
piovosità oraria ($t \geq 1$ ora)	$h = 68,462 \cdot t^{0,1931}$

5.3. COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

Nel calcolo delle portate di piena comparirà anche un parametro, il *coefficiente di deflusso*, φ , vale a dire il rapporto tra l'altezza della porzione di pioggia che raggiunge una prestabilita sezione idrometrica (sezione di chiusura) e l'altezza di pioggia totale.

Le acque meteoriche, infatti, non raggiungono mai interamente la sezione di chiusura del bacino ad esse sotteso, ma una parte si disperde in seguito a diversi fenomeni, quali l'evaporazione, l'infiltrazione nel terreno, l'assorbimento da parte delle superfici bagnate, il ristagno.

La percentuale di acque che raggiunge la sezione di chiusura dipende da numerosi fattori, quali, ad esempio, la natura del terreno, la tipologia delle superfici scolanti ed il tipo di copertura.

Ogni tipo di superficie (terreno agrario, zona parzialmente o intensamente



urbanizzata, superfici stradali, aree boschive, ecc...) è quindi caratterizzata da uno specifico coefficiente di deflusso e può anche essere che la superficie di un bacino sia costituita da parti caratterizzate da coefficienti di deflusso diversi (in tal caso viene attribuito all'intero bacino un coefficiente di deflusso desunto dalla media pesata dei coefficienti delle singole aree coinvolte).

I coefficienti di deflusso che saranno utilizzati nella stima delle portate e dei volumi di acqua meteorica sono quelli suggeriti dall'Allegato D alla DGRV 842/2012, art. 39, comma 4:

Tipologia superficie scolante	Coeff. deflusso φ
Aree agricole	0
Superfici permeabili (aree verdi)	0,2
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta o stabilizzato, ...)	0,6
Superfici impermeabili (tetti, strade, piazzali, ...)	0,9

Per un bacino costituito da più bacini tributari, ad ognuno dei quali compete un coefficiente di afflusso φ , il coefficiente risultante è dato dal seguente rapporto:

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot \varphi_i}{\sum_i A_i}$$

dove:

φ_i è il coefficiente di afflusso relativo di ogni singola superficie caratteristica omogenea dell'area di intervento;

A_i è la singola superficie caratteristica;

φ è il coefficiente di afflusso dell'intera area.

Stante la distribuzione attuale e di progetto delle diverse aree nei confronti dei deflussi, i valori dei coefficienti di deflusso nel caso in esame saranno:



Tipologia superfici	ATTUALE		FUTURO	
	m ²	φ ₁	m ²	φ ₂
Impermeabili: coperti	0	0,9	0	0,9
Impermeabili: viabilità	0	0,9	4231	0,9
Semiperm.: viab. sterrata	0	0,6	5421	0,9
Aree verdi	10890	0,2	1238	0,0
Totale	10.890	0,200	10.890	0,798

Per la futura zona a stabilizzato è stato considerato un coefficiente pari a 0,9 anziché 0,6, in quanto sarà impermeabilizzata alla sua base.

5.4. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione t_c è una caratteristica del bacino idraulico e rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione sarà pari alla somma del *tempo di accesso* e del *tempo di rete*:

$$t_c = t_a + t_r$$

Il *tempo di accesso* è di incerta determinazione e dell'ordine dei 5-15 minuti: i valori più bassi per le aree di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza, i valori più alti nei casi opposti.

Si può fare riferimento, in mancanza di dati diretti, ai valori riportati nella seguente tabella (da Becciu e Paoletti):



Tipi di bacini	t_a [minuti]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 - 7
Centri urbani semi-intensivi con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	7 - 10
Aree urbane di tipo estensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 - 15

Il tempo di accesso può anche essere calcolato con la formula di Boyd: $t_a = k \cdot S^d$

dove:

- S = superficie in km^2 ;
- $k = 2,51$ costante;
- $d = 0,38$ costante.

Il tempo di rete, invece, si calcola con la formula: $t_r = \frac{\sqrt{1.5 * S_{URB}}}{v}$

dove:

- v = è la velocità, di solito assunta pari a 1 m/s.

Applicando la formule al caso in esame, si ottiene:

	ore		minuti		secondi
$t_o =$	0,451	$t_o =$	27,0	$t_o =$	1622,0
$t_r =$	0,128	$t_r =$	7,7	$t_r =$	460,1
$t_c =$	0,578	$t_c =$	34,7	$t_c =$	2082,1

5.5. PORTATA DI SCARICO

Lo scarico del sistema scolante delle acque meteoriche avrà una portata pari a 5 l/s per ettaro; perciò:

$$Q_{OUT} = 5 \cdot 1,089 = 5,445 \text{ l/s}$$



6. PORTATE E VOLUMI D'ACQUA METEORICA

6.1. IL METODO CINEMATICO

Il calcolo della portata, conseguente alla precipitazione assegnata, viene condotto utilizzando il *metodo razionale*, noto in Italia come *metodo cinematico*, utilizzato in molti casi e specialmente per bacini scolanti di limitata estensione, come quello in esame.

La portata massima nella sezione terminale si ha assumendo un tempo di pioggia (durata della precipitazione) pari al tempo di corrivazione, quando tutto il bacino scolante contribuisce alla formazione della portata massima.

Con le ipotesi di cui sopra, applicando la relazione seguente proposta dal metodo cinematico, si ricava il valore della portata meteorica massima relativa al bacino scolante considerato, per un tempo di ritorno di 50 anni:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot j(t_c) \cdot S}{360} = \frac{0,798 \cdot 106,55 \cdot 1,089}{360} = 0,257 \text{ m}^3/\text{s} = 257 \text{ l/s},$$

con:

- Q_{\max} = portata al colmo di piena per il tempo di ritorno T_R (m^3/s);
- φ = coefficiente di afflusso medio del bacino;
- $j(t_c)$ = intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione t_c e tempo di ritorno T_R (mm/h);
- S = superficie del bacino (ha).

Il coefficiente udometrico nella configurazione di progetto dell'area è perciò:

$$u = 257/1,089 = 236 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}.$$

Il volume di accumulo, necessario a garantire l'invarianza idraulica, viene stimato utilizzando la formula di Alfonsi – Orsi:



$$V = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot t_{CR}^n + 1,295 \cdot t_C \cdot Q_{OUT}^2 \cdot \frac{t_{CR}^{1-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{OUT} \cdot t_{CR} - 3,6 \cdot Q_{OUT} \cdot t_C$$

dove:

V = volume di accumulo	[m ³]
S = superficie scolante	[ha]
t _{CR} = durata precipitazione critica	[h]
t _C = tempo di corrivazione	[h]
Q _{OUT} = portata in uscita	[l/s]

Imponendo la condizione di massimo per il volume V, cioè derivando l'espressione precedente rispetto alla durata t_{CR} ed uguagliando a zero, si trova l'equazione:

$$2,778 \cdot n \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot t_{CR}^{n-1} + 0,36 \cdot \frac{(1-n) \cdot t_C \cdot Q_{OUT}^2 \cdot t_{CR}^{-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_{OUT} = 0$$

dalla quale si può ricavare la durata della precipitazione critica t_{CR}.

Sostituiti i valori noti, si risolve l'equazione, ottenendo:

$$t_{CR} = 9,06 \text{ ore.}$$

Ora si può calcolare il volume da invasare, che risulta: **V = 724 m³**.

Si può anche ricercare il valore del tempo di pioggia che massimizzi il volume di invaso tramite tabella implementata su foglio di calcolo, ottenendo un valore simile.



durata della pioggia	altezza d'acqua piovuta	portata entrante	portata uscente	volume di invaso	volume di invaso specifico
t_p	h	Q_{in}	Q_{out}	V_{inv}	V_{spec}
h	mm	l/s	l/s	m^3	m^3/ha
0,1	43,89	1059,55	5,45	368,20	338,11
0,25	52,38	505,85	5,45	439,15	403,26
0,5	59,89	289,15	5,45	499,54	458,72
0,75	64,76	208,47	5,45	537,12	493,22
1	68,46	165,28	5,45	564,44	518,31
2	78,27	94,48	5,45	630,34	578,82
3	84,64	68,11	5,45	666,39	611,93
4	89,48	54,00	5,45	689,04	632,73
5	93,42	45,10	5,45	703,91	646,38
6	96,76	38,93	5,45	713,62	655,29
7	99,69	34,38	5,45	719,63	660,82
8	102,29	30,87	5,45	722,87	663,79
9	104,64	28,07	5,45	723,91	664,75
10	106,79	25,78	5,45	723,20	664,10
11	108,78	23,87	5,45	721,03	662,10
12	110,62	22,26	5,45	717,63	658,98
13	112,34	20,86	5,45	713,19	654,91
14	113,96	19,65	5,45	707,85	650,00
15	115,49	18,59	5,45	701,71	644,36

6.2. IL METODO DELLE SOLE PIOGGE

Questo metodo parte dal presupposto che la massima portata di deflusso sia la stessa dall'inizio alla fine dell'evento meteorico e non dipenda dal volume invasato (per questo la dicitura corretta è metodo delle “sole” piogge). In altre parole, si basa sul



confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.

Il volume entrante risulta allora pari a:

$$V_{IN} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t_{CR}^n$$

Il volume in uscita è invece pari a:

$$V_{OUT} = Q_{OUT} \cdot t_{CR}$$

dove, oltre ai simboli noti, compare t_{CR} che è la durata critica per cui si ottiene il massimo volume da invasare.

Analiticamente, la condizione di massimo si ottiene con la seguente espressione:

$$t_{CR} = \left(\frac{Q_{OUT}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

dalla quale si ricava il massimo volume da invasare:

$$V_{MAX} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{OUT}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{OUT} \cdot \left(\frac{Q_{OUT}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

che è come scrivere:

$$V_{MAX} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t_{CR}^n - Q_{OUT} \cdot t_{CR}$$

Sostituendo i dati noti, otteniamo:

$$t_{CR} = 8,94 \text{ ore} \quad \text{e} \quad V_{MAX} = 733 \text{ m}^3.$$

6.3. IL METODO DELL'INVASO LINEARE

Il metodo si basa sull'ipotesi che il bacino si comporti come un serbatoio lineare: la portata in uscita è funzione lineare del volume invasato. La portata di picco viene calcolata con la formula:

$$Q_{MAX} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot k^{n-1} \cdot r^{n-1} (1 - e^{-r})$$



dove:

Q_{MAX} = litri/secondo

k = costante di invaso, con dimensioni di un tempo, da esprimere in ore.

Per la stima della costante di invaso k sono state proposte in letteratura alcune espressioni ottenute dall'analisi di eventi sperimentali misurati in diversi bacini urbani.

Fra queste, la più usata è la seguente: $k = 0,7 \cdot t_c$

E' comunque consigliabile non adottare valori di k inferiori a 5 minuti.

Il parametro $r^{n-1}(1 - e^{-r})$ è stato tabellato in funzione di n , avendosi:

n	0,30	0,40	0,50	0,60
r	0,67	0,95	1,26	1,62
$r^{n-1}(1-e^{-r})$	0,65	0,63	0,64	0,66

In definitiva, si calcola la portata di picco:

$$Q_{MAX} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot k^{n-1} \cdot r^{n-1}(1 - e^{-r}) = 223 \text{ l/s.}$$

La durata critica ed il corrispondente volume da invasare si possono ottenere con le equazioni di Moriggi e Zampaglione:

$$t_{CR} = \frac{1}{C} \cdot \left(\frac{Q_{OUT}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad \text{e} \quad V_{MAX} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t_{CR}^n \cdot \left[0,95 - \left(\frac{1}{m} \right)^{2/3} \right]^{3/2}$$

dove: $C = \frac{0,165 \cdot n}{\frac{1}{m} + 0,01} - \frac{\frac{1}{m} - 0,1}{30} + 0,5$ e $m = \frac{Q_{IN}}{Q_{OUT}}$ da cui:

$$m = 223 / 5,445 = 40,924 \quad - \quad 1/m = 0,0244 \quad C = 1,4278$$

$$t_{CR} = 6,27 \text{ ore} \quad \text{e} \quad V_{MAX} = 683 \text{ m}^3.$$



6.4. IL METODO DEL CURVE NUMBER

Le principali cause di perdite idrologiche sono evapotraspirazione, infiltrazione ed immagazzinamento nelle depressioni superficiali. Il coefficiente CN attribuisce ad ogni singola porzione di superficie, un valore adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura al fine di stimare il coefficiente di deflusso medio.

Il metodo consiste essenzialmente di due parti:

- nella prima si stima il volume del deflusso risultante da una pioggia,
- nella seconda si determina la distribuzione nel tempo del deflusso, la portata al colmo ed il volume affluito.

Prima parte: valutazione del CN.

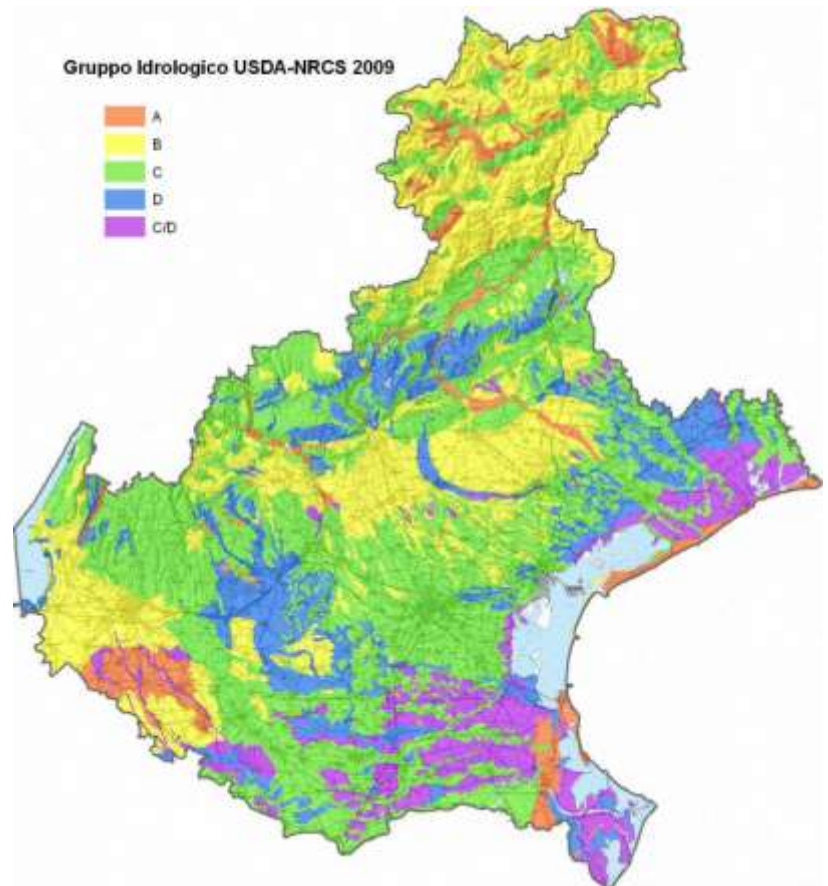
Il CN, *runoff curve number* o più semplicemente *Curve Number*, è un coefficiente definito dal Soil Conservation Service (SCS), tabellato sulla base di numerose esperienze.

Si deve definire innanzi tutto il tipo di terreno in funzione dalla possibilità di infiltrazione e, per fare ciò, si utilizza la seguente tabella:

Tipo di suolo	Natura del suolo
A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili. Capacità di infiltrazione molto elevata.
B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A e con maggiore aliquota di argilla e limo. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizione di saturazione.
C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e collodi. Scarsa capacità di infiltrazione.
D	Suoli con potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.



Perché l'attribuzione alla classe "tipo di suolo" sia quanto più oggettiva, ci si può riferire alla pubblicazione della Regione Veneto "VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITÀ E DEL GRUPPO IDROLOGICO DEI SUOLI DEL VENETO", che ha suddiviso i suoli della regione sulla base dei criteri del SCS, ottenendo la seguente cartografia:



I suoli a gruppo idrologico A (più permeabili) si concentrano nelle aree litoranee caratterizzate dalla presenza di suoli sabbiosi e in alcune aree di alta pianura recente, caratterizzate dalla presenza di suoli grossolani con ghiaia.

Suoli del gruppo idrologico B si ritrovano prevalentemente nelle Alpi, dove risultano essere i più diffusi, in alta pianura in aree ghiaiose, e in bassa pianura, limitatamente alle aree di dosso a tessitura franco grossolana.

La maggior parte della pianura, a tessitura limosa, e dell'area prealpina ricade nella classe C.

In classe D ricadono le aree depresse della pianura, a tessitura argillosa, le valli dei Lessini orientali e la pianura antistante, caratterizzate da sedimenti prevalentemente



fini, provenienti dalle rocce basaltiche (classi da 1 a 3). Sempre in classe D, ma per la presenza di roccia entro 50 cm, ricadono molti suoli delle Prealpi.

Delle classi duali, assegnate ai suoli che in condizioni naturali avrebbero la falda entro 60 cm, è presente praticamente solo la classe C/D, nelle aree lagunari, palustri e di risorgiva, bonificate, dove la falda è presente attualmente a profondità maggiori di 60 cm, ma solo perché sono artificialmente drenati. Vi è una presenza molto marginale anche della classe A/D, in zone di interduna, quindi a tessitura sabbiosa, cartografabili però solo a scala 1:50.000.

Va poi definito l'uso del suolo, sulla base delle seguenti tabelle:

Tipo di copertura (uso del suolo):	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato:				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo:				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie:				
buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati:				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali (impermeabilità media %):				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	75	83	87
25%	54	70	80	85



20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabili, tetti	98	98	98	98
Strade:				
Pavimentate con cordoli - fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Infine, poiché lo stato iniziale di imbibizione del terreno influenza notevolmente la capacità di ritenzione e, conseguentemente, lo scorrimento superficiale, l'appropriato valore CN dovrà essere preso in corrispondenza dell'AMC (Antecedent Moisture Condition), cioè dello stato di saturazione del terreno, che prevede tre classi:

Classe	Descrizione
AMC I	Potenziale di scorrimento superficiale minimo. I suoli del bacino sono sufficientemente asciutti da permettere un'aratura o una coltivazione soddisfacente.
AMC II	Condizione media.
AMC III	Potenziale di scorrimento superficiale massimo. Il bacino è stato praticamente saturato dalle piogge precedenti.

Per fare ciò, si sceglie inizialmente il CN dell'AMC II, per ricalcolarlo, se del caso, in classe I o in classe III con le seguenti formule:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{(2,38 - 0,0138 \cdot CN_{II})} \qquad CN_{III} = \frac{CN_{II}}{(0,43 + 0,0057 \cdot CN_{II})}$$

Applicando il metodo al caso in esame, si ottiene:

Tipologia superfici	FUTURO	
	m ²	CN
Impermeabili: coperti	610	98
Impermeabili: viabilità	4.223	98
Semiperm.: viab. sterrata	4823	89
Aree verdi	1.234	80
Totale	10.890	92,0



Tenendo conto anche dello stato di saturazione del terreno, sempre a favore della sicurezza, si applica la seconda formula, ottenendo: $CN = CN_{III} = 96,4$.

Seconda parte: portate e volumi

Finché l'afflusso pluviometrico P [mm] (derivato dalla legge di pioggia $P = h = a \cdot t^n$, con assegnato tempo di ritorno T_R) non raggiunge un valore minimo I_a , il deflusso specifico Q_P [mm] resta uguale a zero. Questo significa che una parte dell'afflusso si perde, principalmente, per infiltrazione nel terreno e per invaso nelle depressioni superficiali.

Pertanto il deflusso superficiale P_e [mm] è derivante, in quantità, dalla precipitazione netta $P - I_a$ [mm], così come il volume infiltrato, espresso con lo spessore F [mm] è funzione della massima ritenzione potenziale S del terreno, anche questa espressa in [mm]:

$$\frac{P_e}{P - I_a} = \frac{F}{S}$$

con l'ipotesi che il volume infiltrato sia pari alla differenza tra volume netto di pioggia e volume di ruscellamento, espresso di bilancio di massa come $F = P - I_a - P_e$, dalla formula precedente si deduce :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

che esprime la stima del **volume specifico** di ruscellamento in funzione di quello di pioggia e di due parametri caratteristici del bacino:

la capacità di assorbimento iniziale I_a e

la massima ritenzione potenziale S .

Il parametro I_a dipende dalle condizioni del suolo (comprese le lavorazioni a cui è sottoposto), dall'intercettazione, dall'infiltrazione, dall'immagazzinamento nelle depressioni superficiali, dall'umidità iniziale del suolo.



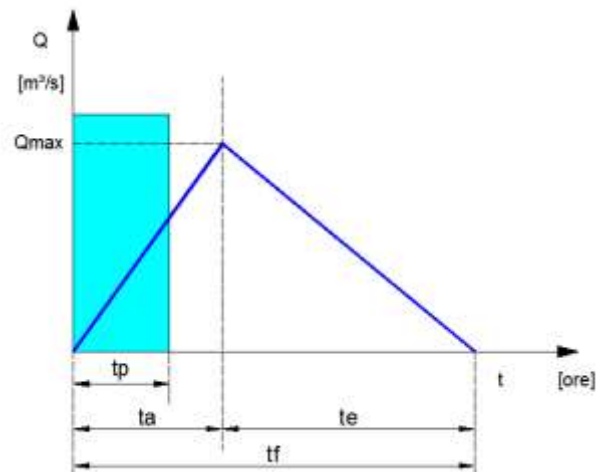
Un'analisi empirica ha comunque mostrato che I_a si può assumere proporzionale ad S , secondo l'espressione $I_a = 0,2 \cdot S$; effettuando la sostituzione, si ottiene la relazione:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \text{ [mm]}$$

dove S è esplicitato dalla relazione: $S = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$

Per il calcolo del volume affluito alla sezione di chiusura del bacino, si utilizza un idrogramma approssimato di forma triangolare, caratterizzato da una fase a portata crescente fino al valore massimo al colmo Q_P (o Q_{MAX}) che si raggiunge con durata t_a , e da una fase di esaurimento a portata decrescente, di durata t_e .

Figura 1: Idrogramma del metodo SCS.



Assume anche, come nel Metodo Razionale, che la durata della pioggia di progetto t_p sia uguale al tempo di corrivazione t_c ; deve essere sempre rispettata la condizione $t_p \leq t_a$; se ciò non avvenisse, si assume $t_a = t_p$.

Il volume affluito nella durata t_f è: $V_{IN} = \frac{1}{2} \cdot Q_{MAX} \cdot t_f \cdot 3600 \text{ [m}^3\text{]},$

dove $t_f = 2,67 t_a = 2,93 t_c$.

Il volume defluito, per una portata unitaria di $10 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$, è: $V_{OUT} = 10 \cdot A \cdot t_f \cdot \frac{3600}{1000} \text{ [m}^3\text{]},$ dove A è in ha. La differenza sarà il volume da invasare.

Applicando il metodo al caso in esame, si ottiene:



durata evento meteorico:	$t_p =$	0,578	ore
tempo di ritardo:	$t_L =$	0,094	ore
durata fase crescente:	$t_a =$	0,383	ore
durata evento di piena:	$t_f =$	1,022	ore
precipitazione critica:	$P =$	61,59	mm
max ritenzione potenziale:	$S =$	9,5	mm
volume specifico di ruscellam. o pioggia efficace:	$P_e =$	51,47	mm
portata al colmo:	$Q_p =$	0,304	m^3/s
volume affluito:	$V_{IN} =$	560,295	m^3
volume defluito:	$V_{OUT} =$	20,039	m^3
volume invaso:	$V_{INVASO} =$	540,256	m^3



6.5. VALIDAZIONE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti applicando i diversi metodi vengono confrontati nella seguente tabella:

Metodo	Q_{IN} MAX l/s	t_{CR} ore	V_{INV} MAX m³	V_{INV} SPECIF m³/ha
cinematico	257	9,06	724	664
sole piogge	257	8,94	733	673
invaso	223	6,27	683	627
SCS CN	304	1,02	540	496

Essendo i risultati dello stesso ordine di grandezza, ciascun metodo verifica e valida l'altro. A favore della sicurezza, si adotteranno il valore del volume più elevato, dato dal metodo delle sole piogge.



7. L'INVARIANZA IDRAULICA

La D.G.R.V. 10/05/2006 n. 1322 prevede che “... ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione della permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative, volte a mantenere costante il coefficiente udometrico, secondo il principio di invarianza idraulica”.

Ogni trasformazione delle superfici in termini di impermeabilizzazione deve quindi prevedere misure compensative, che vengono individuate, dalla normativa stessa, “nella predisposizione di volumi di invaso che consentano la laminazione delle piene”.

Nel caso in esame, è stato determinato un volume eccedente da invasare, pari a 733 m³.

Creazzo, 10 ottobre 2016