Committente:

Regione Liguria

COMUNE DI GENOVA

Sestri Ponente

Oggetto:

UNICALCE S.p.A.

Cave Ghigliazza S.r.l.

CAVA GIUNCHETTO - CAVA GNEO

Progetto unitario di coltivazione e recupero ambientale

RELAZIONE IDRAULICA

SCALA:

DATA: giugno 2012

Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n° elaborato	
IDPP871-1	I	D	P	P	871		1

Dati Progettisti:

Studio ANSELMO Associati
Via Vittorio Emanuele n°. 14
10023 CHIERI (TO)
Tel. 011 9415835 / Fax. 011 0712923
e-mail: info@anselmoassociati.it

Dott. Ing. Virgilio Anselmo
Dott. For. Fulvio Anselmo
Collaboratori:
Dott. For. Davide Spada
Dott. Ing. Donato Vittore

Rev.	Redatto	Controllato	Approvato	Data	Timbri e Firme
0	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	06-2012	

ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CHIERI
Dott. Ing. VIRGILIO ANSELMO n. 3365 Y

Il Responsabile del procedimento:	FIRMA

File : IDPP871_1.doc

Sommario

1. Premessa 1
2. La verifica idraulica 1
2.1. Il codice di calcolo 1
2.2. La schematizzazione dell'area di interesse 2
2.3. I dati idrologici 3
2.3.1. Evento di riferimento 3
2.3.2. Precipitazioni di riferimento 4
2.3.3. Portate di riferimento 5
3. Conclusioni 7

1. PREMESSA

Lo sviluppo dell'attività nella cava Giunchetto-Gneo prevede tre stadi di evoluzione a 5 anni, 10 anni e finale. Con riferimento all'assetto previsto per queste tre situazioni, l'indagine idraulica ha determinato l'entità delle portate conferite, in occasione dell'evento di progetto, alla rete idrografica naturale rappresentata dal Torrente Chiaravagna, per l'immissione meridionale (A), e dal Rio Bianchetta, suo ramo destro di testata, per l'immissione settentrionale (B).

2. LA VERIFICA IDRAULICA

Il calcolo è stato condotto utilizzando il codice di calcolo in moto vario SWMM del US-EPA nella versione ingegnerizzata dalla CHI di Guelph, Ontario e commercializzata con il nome di PC-SWMM™.

2.1. IL CODICE DI CALCOLO

Le caratteristiche del sito in oggetto e la complessità dei percorsi dati alle acque meteoriche all'interno dell'area dell'impianto hanno indotto a non utilizzare il consueto metodo razionale, che è idoneo alle aree di modesta estensione, ma non permette di prendere in considerazione i processi di ritardo, dipendente dai percorsi delle acque incanalate, né tanto meno i processi di laminazione dipendenti dalla presenza di invasi temporanei.

La scelta di questo codice di calcolo è stata dettata fondamentalmente dai seguenti motivi:

- le sue vaste potenzialità di simulazione (quantitativa e qualitativa in ogni singolo ramo della rete di drenaggio);
- adattabilità del modello al sito preso in esame;
- necessità di modellare superfici con diverse caratteristiche di permeabilità e ritenzione;
- consolidato utilizzo a livello mondiale che ha dato origine ad una vasta bibliografia riguardante anche la calibrazione ed i limiti di applicazione del modello stesso.

Il codice di calcolo è composto di due moduli.

Il primo modulo determina le portate attese da precipitazione di assegnata intensità e durata sulla base della schematizzazione del bacino idrografico sotto forma di ali scolanti. L'idrogramma di piena è determinato secondo il procedimento dell'onda cinematica assegnate: la percentuale di impermeabilità dell'area, la capacita di ritenzione iniziale, la relazione che esprime l'infiltrazione (secondo Horton), la scabrezza della superficie.

Il secondo modulo analizza il movimento dell'eccesso di precipitazione all'uscita dalle singole superfici e ne ricava l'onda integrando le equazioni del moto vario tenendo conto della scabrezza dei singoli tronchi della rete idrografica.

I dettagli del codice di calcolo sono esposti in appendice.

2.2. LA SCHEMATIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE

L'area di interesse, nelle sue tre fasi di evoluzione, è stata schematizzata seguendo le indicazioni contenute negli elaborati di progetto.

Tre tipi di superficie sono distinguibili entro lo spartiacque che delimita il bacino idrografico:

- aree naturali indisturbate, collocate al bordo dell'area di coltivazione (N_i);
- aree già rinaturate a seguito della dismissione dell'attività estrattiva (RN_i);
- area in fase di coltivazione (P_i)

L'impianto prevede anche la presenza di piazzali (PZ_i), più o meno vasti, la cui superficie è modellata per permettere l'invaso temporaneo delle acque meteoriche ed il loro successivo allontanamento.

Con riferimento ai parametri dell'equazione di Horton che regola l'infiltrazione nel terreno, sono stati introdotti i seguenti valori suggeriti nell'ambito delle procedure del Soil Conservation Service:

Tipo di copertura	Tipo di suolo	f_0 (mm/ora)	f_c (mm/ora)	K (s^{-1})
Aree naturali	B	200	12.7	0.00056
Aree rinaturate	C	125	6.3	0.00056
Piazzali e zone di coltivazione	D	76	2.5	0.0056

I valori della ritenzione iniziale nei piccoli invasi sono stati tratti dai manuali del Centro Studi Deflusso Urbano e stabiliti pari a 0.7 mm per i piazzali e le aree di coltivazione, 2.5 mm per le aree rinaturate e 4 mm per le aree naturali.

Quattro tipi di canalizzazione a sezione trapezia sono previsti:

- canali a debole pendenza realizzati con fondo in materassi tipo "Reno" che percorrono le aree rinaturate mediante riporto di limi e successiva rivegetazione;
- scaricatori in roccia, che permettono la discesa delle acque sulle superfici in fase di coltivazione;

- collettori laterali per l'allontanamento delle acque provenienti dai canali a debole pendenza;
- canalette ad embrici disposte con andamento verticale sulle scarpate

I valori di scabrezza sono stati unificati e fissati pari a n = 0.050 $m^{-1/3}$ s tenendo conto dell'inevitabile disordine che, a regime a causa della variabilità della deposizione e rimozione dei materiali litoidi e vegetali, caratterizzerà questi collettori.

Dal punto di vista operativo, le aree scolanti e la rete sono schematizzate ulla planimetria come indicato nello stralcio che segue

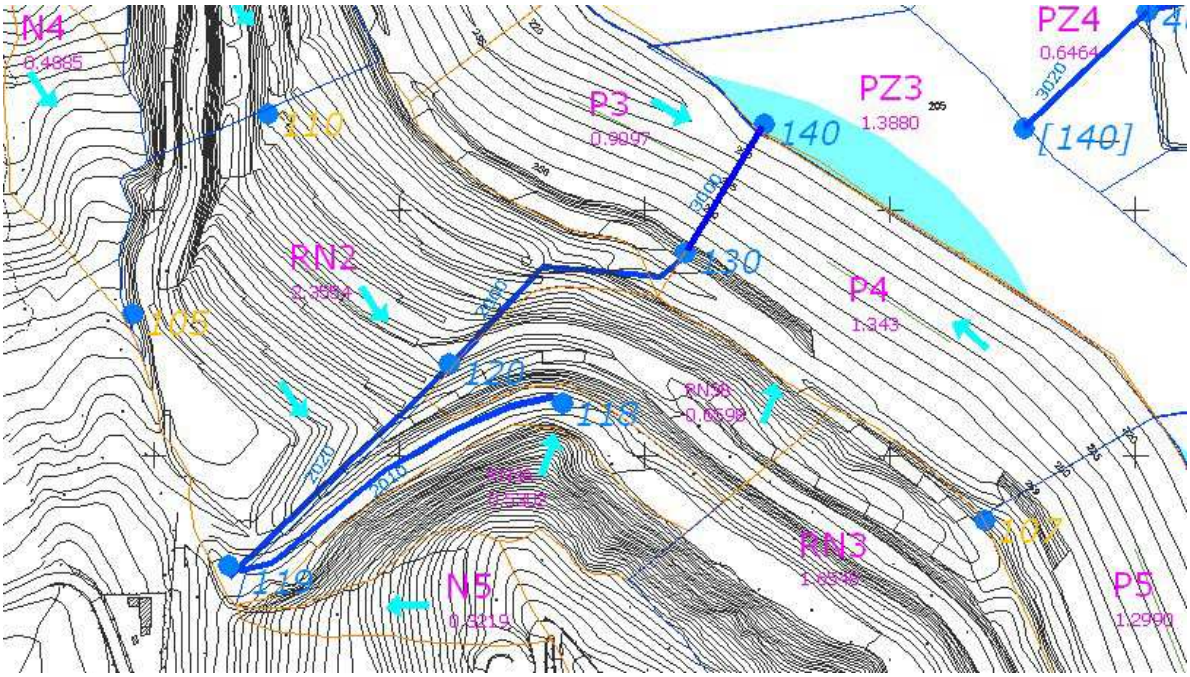


Figura 2-1 – Stralcio della planimetria di lavoro con indicazione delle aree scolanti contraddistinte da lettere; mentre i nodi ed i tronchi della rete sono segnalati mediante numeri progressivi.

2.3. I DATI IDROLOGICI

Il Torrente Chiaravagna è stato oggetto di apposito piano di bacino, che ne ha individuato le caratteristiche pluviometriche e idrologiche.

2.3.1. EVENTO DI RIFERIMENTO

In assenza di normativa specifica, il Regolamento regionale 14.07.2011 n. 3 in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua fa esclusivo riferimento al tempo di ritorno di 200 anni. Anche la L.R. 9/1993, citata a pag. 79 del Piano di bacino, rimanda all'evento di "almeno duecento anni". Pertanto si attribuisce tale probabilità all'evento di riferimento.

2.3.2. PRECIPITAZIONI DI RIFERIMENTO

Nessuna stazione pluviometrica ricade all'interno del bacino, ma, anziché determinare l'entità dell'afflusso a partire dalle stazioni vicine sulla base dello schema di Thiessen, uno studio approfondito ha tenuto conto delle caratteristiche orografiche e pertanto ha attribuito la porzione alta del bacino alla stazione pluviografica di Madonna della Guardia ([1]).

Il piano di bacino pertanto fornisce i valori dei parametri della relazione altezza-durata per assegnato tempo di ritorno pari a

a = 128.17 mm

n1 = 0.709

n2 = 0.497

essendo n1 ed n2 rispettivamente riferiti a durate minori o maggiori di un'ora.

La precipitazione di riferimento è stata ricavata utilizzando la tecnica dello ietogramma cosiddetto "di Chicago", che costituisce una procedura cautelativa utilizzata per le reti urbane.

I tempi di trasferimento di un impulso nella rete sono dell'ordine di grandezza di meno di mezz'ora però, come generalmente capita nelle reti a contraddizione dei principi del metodo della corrivazione, la portata tende ad aumentare all'aumento della durata della pioggia. L'incremento diventa debole per piogge di durata oltre le due ore e pertanto si assume la durata di 120 minuti come critica.

La precipitazione viene introdotta nel codice di calcolo a passo di 5 minuti con le seguenti intensità orarie in mm/ora.

```
E3   5       77.21
E3   10      77.23
E3   15      79.51
E3   20      82.13
E3   25      85.18
E3   30      88.81
E3   35      93.25
E3   40      98.88
E3   45      106.44
E3   50      117.54
E3   55      137.02
E3   60      215.89
E3   65      215.89
E3   70      137.02
E3   75      117.54
E3   80      106.44
E3   85      98.88
E3   90      93.25
E3   95      88.81
```

[1]) A pag. 71 (paragrafo 2.3.7.3.1) del Piano di bacino si legge che "Le registrazioni alla stazione MGU sono state associate sia alla parte alta del bacino del VChiaravagna, costituita dalle piccole valli del rio Banchetta e del rio Cassinelle …"

```
E3    100      85.18
E3    105      82.13
E3    110      79.51
E3    115      77.23
E3    120      75.21
```

2.3.3. PORTATE DI RIFERIMENTO

Le portate conseguenti all'evento di riferimento sono pertanto, nelle tre fasi indagate come riportato nelle figure che seguono. Gli identificativi 3060 e 3090 riguardano rispettivamente le immissioni Nord e Sud indicate negli elaborati di progetto con A e B.

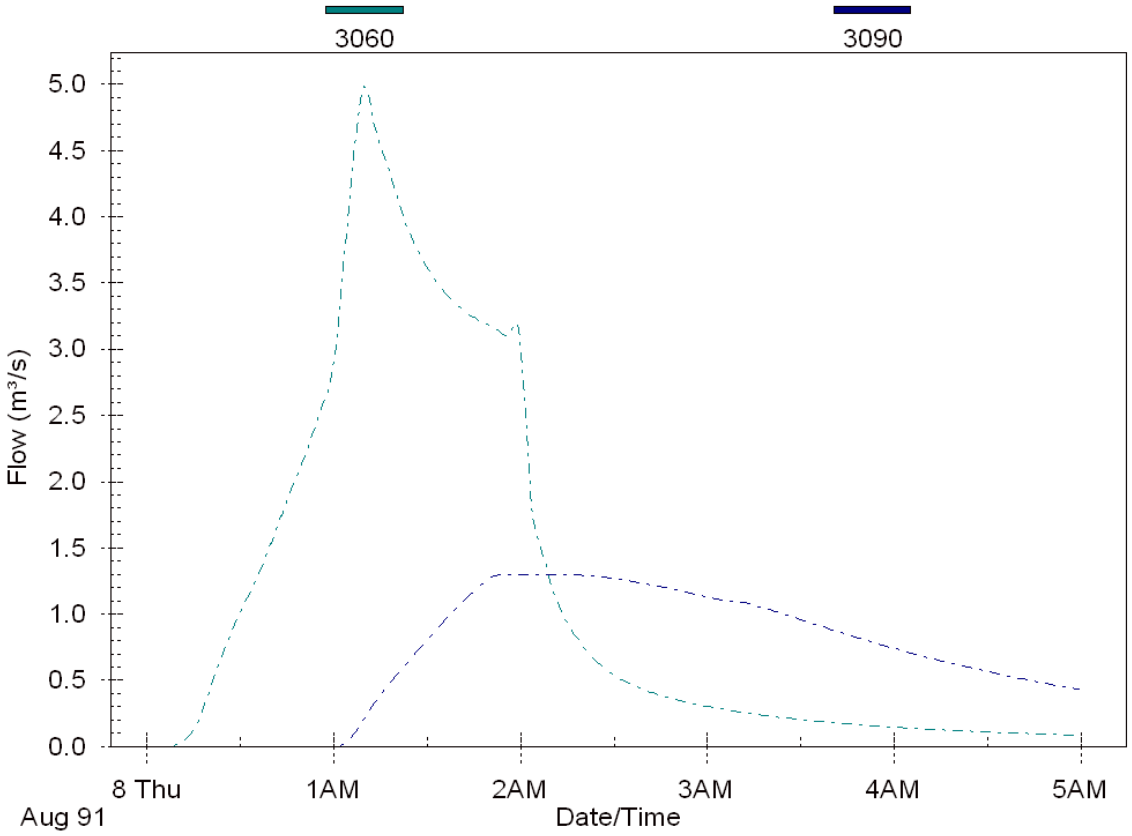


Figura 2-2 - Situazione alle uscite A (3060) e B (3080) nella situazione a 5 anni per precipitazione di 120 minuti di durata e 200 anni di tempo di ritorno. In ascissa i tempi in ore a data fittizia.

mentre i valori si attenuano nelle fasi successive a seguito della progressiva riduzione delle superfici scolanti a vantaggio dei piazzali e del contestuale recupero paranaturale, la cui affermazione porterà ad ulteriori riduzioni degli apporti.

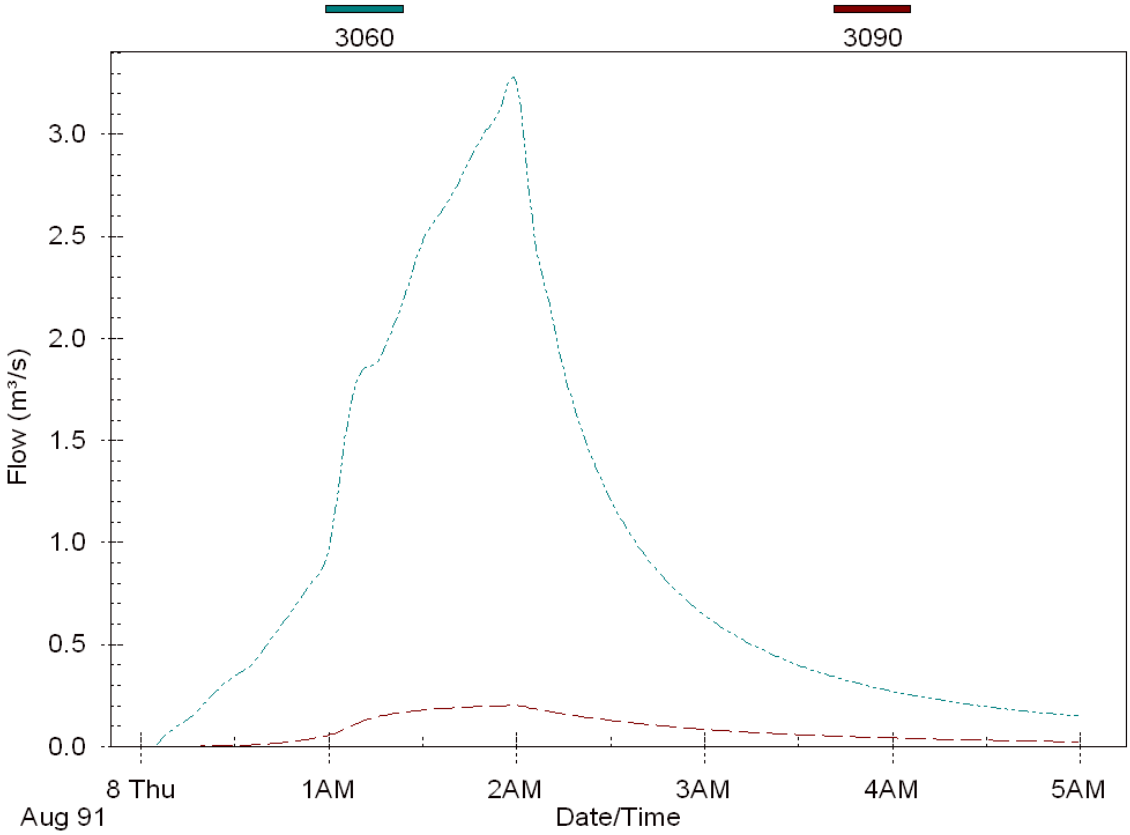


Figura 2-3 – Idrogrammi alle uscite A (3060) e B (3080) per precipitazione di 120 minuti di durata e 200 anni di tempo di ritorno nella situazione a 10 anni.

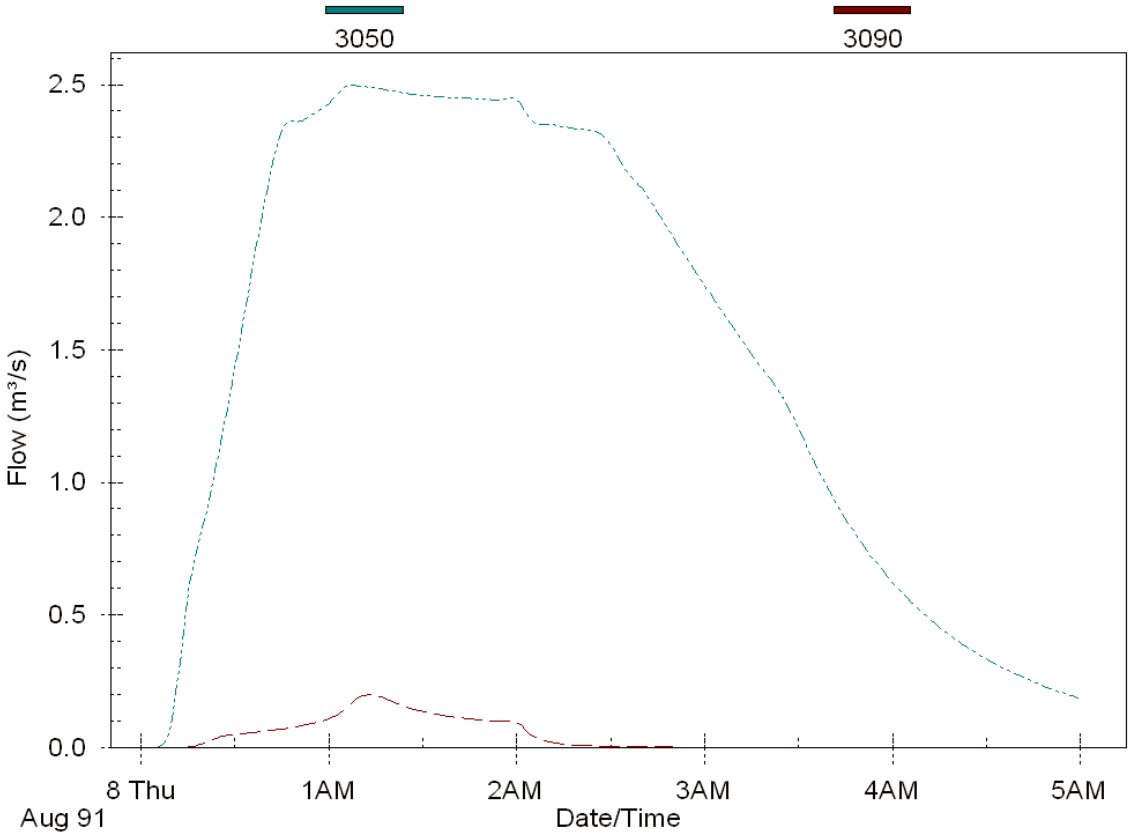


Figura 2-4 - Idrogrammi alle uscite A (3060) e B (3080) per precipitazione di 120 minuti di durata e 200 anni di tempo di ritorno nella situazione finale.

3. CONCLUSIONI

L'andamento dei valori al colmo al progredire della sistemazione dell'area dimostra l'efficacia dell'assetto finale dato all'area.

Dal punto vista del funzionamento dell'area con riferimento all'evento con 200 anni di tempo medio di ritorno, si deve osservare che gli eventuali ristagni di acqua sui piazzali possono essere normalmente eliminati per infiltrazione, date le caratteristiche di elevata permeabilità del terreno.

Le canalizzazioni interne all'area sono sufficienti al convogliamento delle portate originate dall'evento duecentennale. Anche il condotto scatolare che attraversa il piazzale inferiore risulta, sia pure di stretta misura, adeguato al convogliamento della portata di riferimento ([2])

[2]) Sezione rettangolare di dimensioni 1.00 x 1.00 m; pendenza 0.007; scabrezza n = 0.020 $m^{-1/3}$ s, portata 1.25 m^3/s con franco di 0.19 m. La velocità è di 1.5 m/s e quindi in grado di evitare sedimentazioni di materiali fini.

I valori di portata sono compatibili con le portate di piena naturali reperibili nelle elaborazioni del Piano di Bacino. Le portate previste con tempo di ritorno duecentennale sono :

93.12 m3/s per il Rio Bianchetta alla confluenza con il rio Cassinelle

187.68 m3/s per il T. Chiaravagna a valle della confluenza Bianchetta-Cassinelle

Si tratta di valori decisamente elevati dell'ordine di grandezza di 28 $m^3/s\ km^2$, che per la superficie dell'impianto di circa 0.5 km^2 comporterebbero non meno di 15 m^3/s di portata in condizioni indisturbate.

Pertanto gli apporti dall'area dell'impianto, che in totale ammontano a poco più di 6 m^3/s nella situazione più gravosa (a 5 anni), sono dell'ordine di grandezza di pochi percento della portata di riferimento e meno della metà del presumibile apporto naturale; l'esercizio dell'impianto e la futura sistemazione dell'area risulterebbero addirittura favorevoli per la riduzione delle portate di piena.

APPENDICE A STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)

Questo modello descrive le grandezze studiate, zona per zona, in funzione del tempo, ed è quindi rappresentabile con la notazione:

Q (t) = H | P (t), t |

con cui si indica che la sommatoria delle uscite [Q(t)] è ottenibile conoscendo una serie di entrate [P(t)] grazie ad una matrice di operatori caratterizzanti i vari sottobacini [H], in funzione del tempo [t].

In sostanza il bacino deve essere schematizzato in sottobacini e tronchi di trasporto, devono essere definiti i vari manufatti di controllo delle onde di piena, se esistenti, e, introdotti gli ietogrammi che possono essere differenti per ogni sottobacino, il modello calcola le portate nelle varie sezioni, tenendo conto delle possibili diverse situazioni idrauliche esistenti (laminazioni, scarichi di piena, sollevamenti), e dei diversi manufatti.

Tuttavia, anche utilizzando un modello fisicamente basato, risulta impossibile simulare in dettaglio tutti i processi idraulici ed idrologici che si sviluppano, pertanto si è comunque costretti a trascurare alcuni fenomeni (ad esempio l'effetto delle caditoie pluviali ostruite), a semplificarne altri (operando con un numero discreto di parametri distribuiti), e ad ignorarne altri ancora (come le proprietà dinamiche della pioggia) che però risultano, nel complesso, realmente trascurabili.

Lo schema logico impiegato dal modello è riportato nelle Figura 3-1.

In pratica, lo schema logico seguito dalle subroutines di calcolo può essere così descritto:

- viene individuato lo ietogramma d'ingresso sul bacino, o i diversi ietogrammi afferenti alle diverse parti del bacino (ingresso distribuito);
- il bacino viene suddiviso in sottobacini;
- ogni sottobacino viene schematizzato assimilandolo ad una falda piana scolante in un canale che ne percorre un lato (cunetta) il quale a sua volta termina in corrispondenza di una caditoia di ingresso nei condotti veri e propri;
- per ogni superficie scolante si considera una precipitazione uniforme nello spazio e si applicano le procedure di calcolo delle perdite per detenzione superficiale e di infiltrazione, per lo scorrimento superficiale, sulla superficie e lungo la cunetta, fino alla determinazione dell'idrogramma che perviene alla rete drenante;
- si calcola il moto vario nella rete drenante originato da tutte le immissioni considerate.

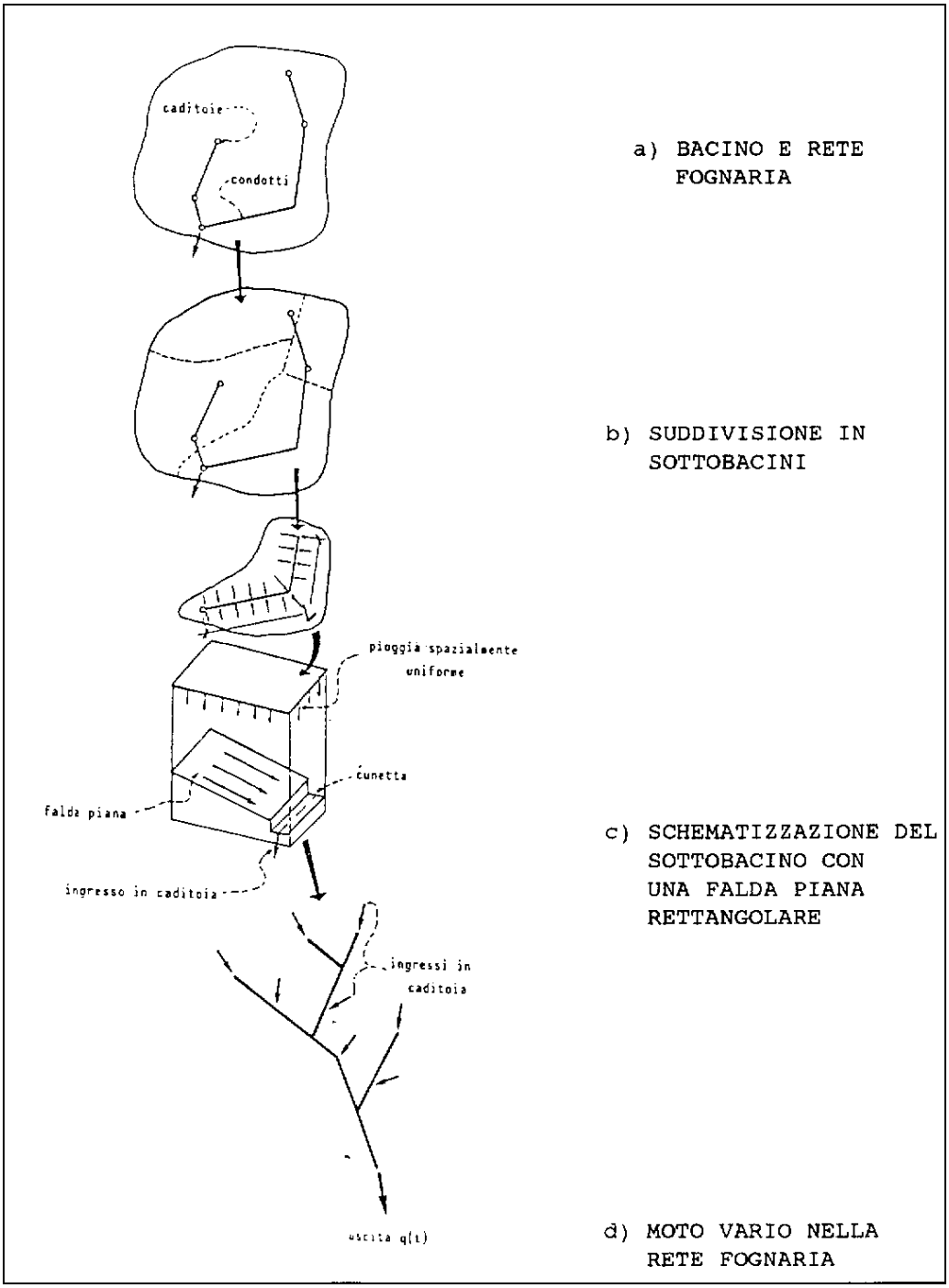


Figura 3-1. Schematizzazione di un bacino così come operata nel modello SWMM (da PAOLETTI, 1986).

A1 - PROCEDURE DI CALCOLO

Nella serie di simulazioni effettuate vengono impiegate sostanzialmente due ruotines; una preposta alla quantificazione del deflusso (modulo RUNOFF) e l'altra alla sua propagazione nella rete (modulo EXTRAN).

MODULO RUNOFF

Il blocco Runoff è quello in grado di generare l'idrogramma superficiale basandosi su una serie di informazioni riguardanti sia le precipitazioni che il bacino (vedi Figura 3-2). Ai fini della determinazione dell'idrogramma, ha grande importanza la quantificazione dell'entità e dell'andamento temporale delle "perdite idrologiche" che si verificano in un bacino durante la precipitazione. Le cause di sottrazione di volume sono: intercettazione, evapotraspirazione, formazione di un velo d'acqua sul terreno, detenzione nelle depressioni superficiali ed infiltrazione; mentre la prima viene trascurata, le seconde tre vengono valutate in modo sintetico sottraendo in blocco, all'inizio della precipitazione, un volume d'acqua stimato in base alle caratteristiche della superficie, mentre l'infiltrazione viene valutata più in dettaglio. Il modello consente due diversi tipi di approcci per determinare l'infiltrazione: un'equazione di tipo semi – teorico (Green Ampt) ed una di tipo semi – empirico (Horton).

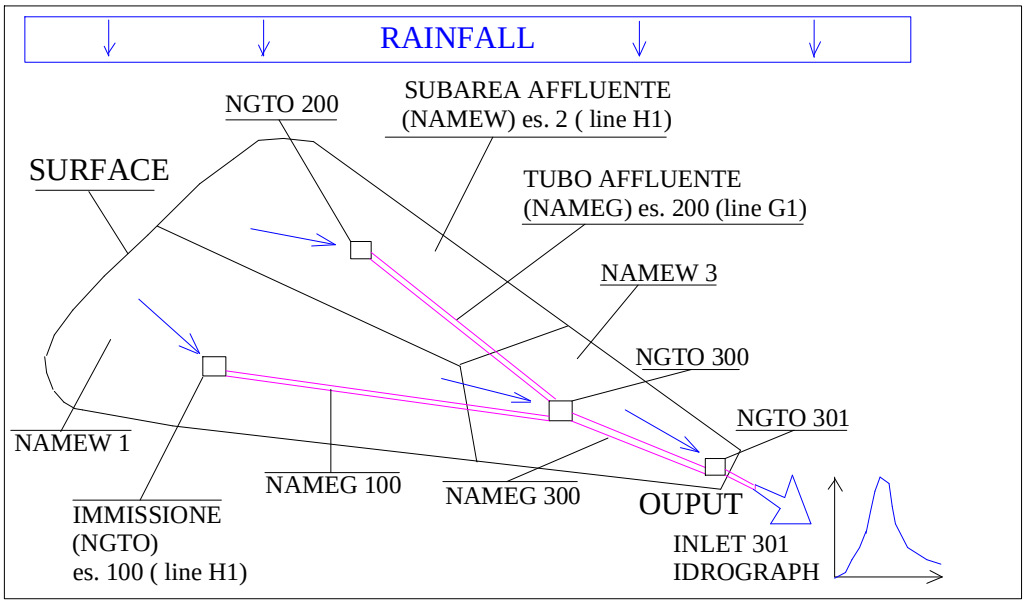


Figura 3-2. Schema logico di funzionamento del blocco RUNOFF.

Si è scelto di operare considerando l'infiltrazione utilizzando l'approccio semi empirico proposto e sviluppato da HORTON, (1940) il quale teorizza che il contenuto idrico del suolo cambi nel tempo durante la precipitazione stessa, in modo proporzionale alla sua imbibizione, che può avvenire più o meno rapidamente.

Questo concetto è espresso dalla seguente notazione, che prende il nome di equazione di Horton:

$$f = f_c + (f_o - f_c) * e^{-k\,t}$$

in cui:

f = capacità d'infiltrazione del suolo (mm/h);

f_c= capacità d'infiltrazione asintotica o soglia minima d'infiltrazione (mm/h);

f_o= capacità d'infiltrazione iniziale (mm/h);

k = costante di decadimento (Decay) della curva d'infiltrazione (h^{-1});

t = pouding time (tempo necessario alla formazione del velo d'acqua, espresso in h^{-1}).

I valori di f_o, f_c e k (vedi Figura 3-3) esprimono rispettivamente: la capacità di penetrazione della pioggia nella superficie del suolo, la velocità di propagazione attraverso gli strati saturi del terreno e la velocità con cui quest'ultimo si va saturando, in relazione alla specifica tessitura. La velocità di saturazione del suolo può essere vista come percentuale di declino della capacità d'infiltrazione dopo un tempo prefissato. I valori di questi parametri sono strettamente legati allo specifico complesso suolo – copertura ed all'iniziale contenuto idrico.

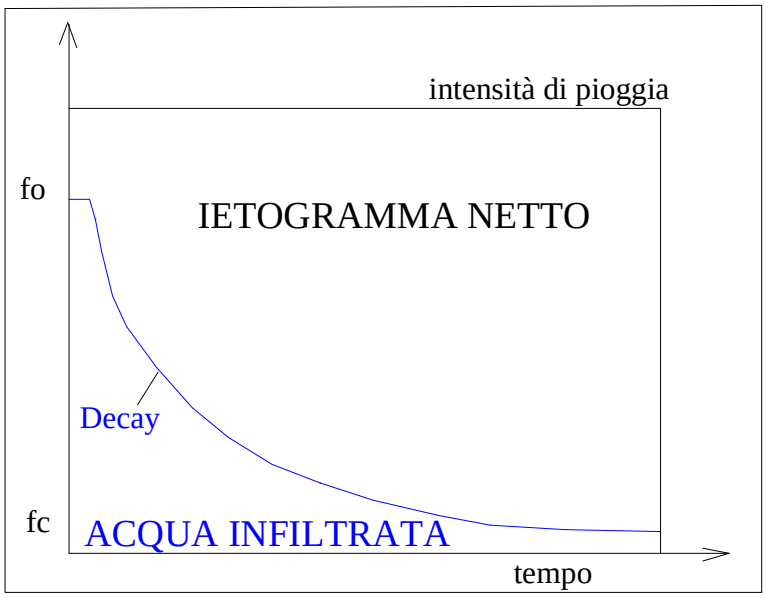


Figura 3-3. Andamento della capacità d'infiltrazione dell'acqua nel suolo (HORTON, 1940) e ottenimento dello ietogramma netto.

A2 - MODULO EXTRAN

E' il modulo che computa la propagazione dell'onda di piena, il cui schema logico è riassunto in Figura 3-4. Come già detto il modello ipotizza che il comportamento del bacino sia analogo a quello di una falda piana che versa, con distribuzione uniforme, in una cunetta. Lo scorrimento superficiale viene calcolato tramite le equazioni di De Saint Venant del moto vario monodimensionale, le quali consistono in un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine, che andrebbero integrate, di volta in volta, basandosi su assegnate condizioni del contorno.

Tali equazioni però non sono applicate in forma completa, in quanto ammettendo le seguenti semplificazioni:

- scarsa influenza dei fenomeni inerziali;
- modesti effetti di rigurgito provocati dalle cunette stradali e dalle caditoie;

- frequente accorpamento delle singole superfici scolanti (tetti, strade, cortili) in un'unica falda " equivalente";
- si giunge ad approssimare il problema alla più semplice condizione di moto uniforme, con l'applicazione dell'onda cinematica.

Questa è espressa come:

$$\frac{\partial Y}{\partial t}+\frac{\partial Y}{\partial X}\times(m+1)\times a\times Y^{m}=i-f$$

dove:

y = profondità della corrente;

i = intensità istantanea della pioggia;

f = intensità d'infiltrazione;

x = ascissa, crescente verso valle;

t = tempo;

a, m = coefficienti dipendenti dal tipo di formula di resistenza utilizzato;

La propagazione dell'onda di piena viene affrontata applicando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, espresse come:

$$Q=V_1A_1=V_2A_2$$

e

$$\sum F=\rho Q\left(V_1-V_2\right)$$

In cui : **Q =** portata, **V =** velocità, **A =** area, **∑F** = impulso delle forze esterne, **ρ=**massa volumica.

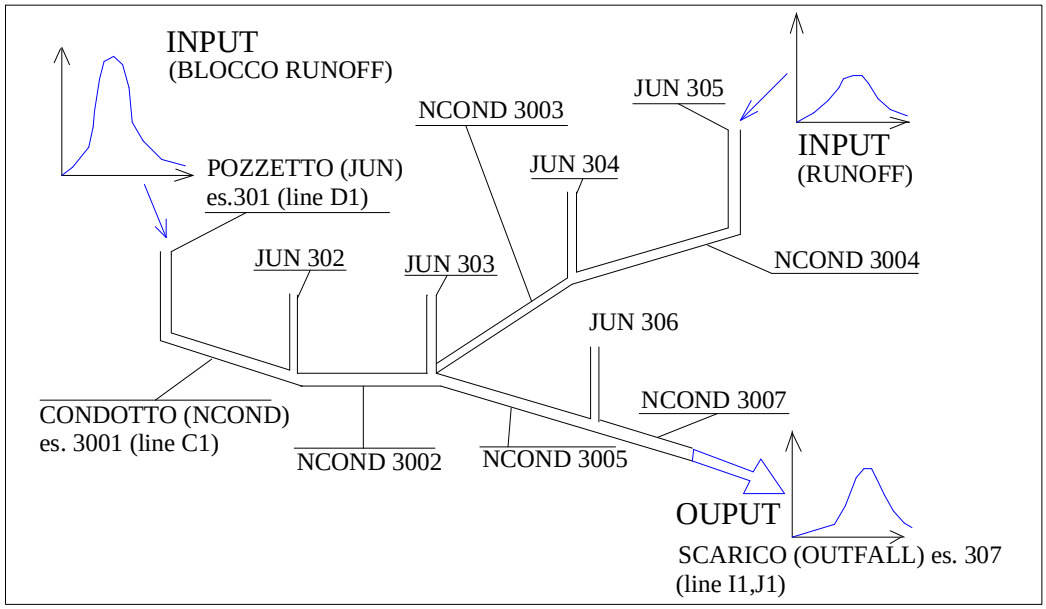


Figura 3-4. Schema logico di funzionamento del blocco EXTRAN.