Quesito 1 (punti 7). Cinque processi *batch*, identificati dalle lettere $A - E$ rispettivamente, arrivano all'elaboratore agli istanti $0, 2, 4, 6, 9$ rispettivamente. Tali processi hanno un tempo di esecuzione stimato di $4, 5, 6, 3, 2$ unità di tempo rispettivamente. Per ognuna delle seguenti politiche di ordinamento:

1. FCFS (un processo per volta, fino al completamento)
2. Round Robin (a divisione di tempo, senza priorità e con quanto tempo di ampiezza 2)
3. Round Robin (a divisione di tempo, con priorità e prerilascio e quanto di tempo di ampiezza 2)
4. SJF (senza considerazione di valori di priorità espliciti[1] e con prerilascio)

determinare, trascurando i ritardi dovuti allo scambio di contesto: (i) il tempo medio di risposta; (ii) il tempo medio di *turn around*; (iii) il tempo medio di attesa.
Ove la politica di ordinamento in esame consideri i valori di priorità, tali valori, mantenuti staticamente per l'intera durata dell'esecuzione, sono rispettivamente: $3, 5, 5, 2, 3$ (con 5 valore maggiore).
Nel caso di arrivi simultanei di processi allo stato di pronto, fatta salva l'eventuale considerazione del rispettivo valore di priorità, si dia la precedenza ai processi usciti dallo stato di esecuzione rispetto a quelli appena arrivati.

Quesito 2 (punti 7).
Dato il sistema descritto dalla seguente rappresentazione insiemistica delle assegnazioni di risorsa, dove $\mathcal{P}$ denota l'insieme dei processi, $\mathcal{R}$ l'insieme delle risorse R_i^j di indice i e molteplicità j, $\mathcal{E}(\mathcal{P})$ l'insieme delle richieste di accesso a risorse in $\mathcal{R}$ emesse da processi in $\mathcal{P}$ e *attualmente pendenti*, e $\mathcal{E}(\mathcal{R})$ l'insieme degli accessi *attualmente soddisfatti* di processi in $\mathcal{P}$ a risorse in $\mathcal{R}$:

$$\mathcal{P} = \{P_1; P_2; P_3; P_4; P_5; P_6\} \tag{1}$$
$$\mathcal{R} = \{R_1^2; R_2^1; R_3^2; R_4^1\} \tag{2}$$
$$\mathcal{E}(\mathcal{P}) = \{P_2 \to R_2; P_3 \to R_4; P_4 \to R_1; P_5 \to R_4; P_6 \to R_3\} \tag{3}$$
$$\mathcal{E}(\mathcal{R}) = \{R_1 \to (P_1, P_2); R_2 \to P_3; R_3 \to (P_4, P_5); R_4 \to P_6\} \tag{4}$$

si analizzi il grafo di allocazione delle risorse, determinando se il sistema i trovi attualmente in situazione di stallo o meno. Successivamente, si studi l'evoluzione dello stato del sistema ove il processo P_1 richiedesse accesso alla risorsa R_2 a partire dalla situazione data.

Quesito 3 (punti 7). Discutere *concisamente* le cause e le conseguenze della frammentazione a livello di partizione.
Descrivere il funzionamento concettuale di una utilità di deframmentazione.
Fornire almeno una ragione per la quale sistemi operativi diversi decidono diversamente rispetto al fornire o meno all'utente applicativo utilità di deframmentazione.

Quesito 4 (punti 3).
[4.A]: Quanti nomi e quanti indirizzi IP può assumere un nodo nello spazio globale dei nomi del DNS:
1: un nome solo e un solo indirizzo IP scelto dal gestore del DNS di competenza
2: un nome e un indirizzo IP per ogni sottorete alla quale il nodo possa appartenere
3: tanti nomi e tanti indirizzi IP quanti il gestore del nodo abbia acquistato presso l'autorità competente
4: un nome solo e un solo indirizzo scelto dal gestore del nodo.

[4.B]: Sappiamo che DNS utilizza UDP invece che TCP. Cosa accade se un pacchetto DNS va perduto:
1: il protocollo UDP rileva il problema e ne assicura la riemissione
2: non accade niente perché tutte le richieste DNS sono ridondanti
3: la modalità di risoluzione dei nomi adottata dal lato cliente rileva il problema e si occupa di rinnovare la richiesta
4: la risoluzione del nome fallisce e l'utente applicativo ne viene avvisato.

[4.C]: Quale la maggiore differenza tra POP3 e IMAP:
1: nessuna
2: POP3 usa UDP mentre IMAP usa TCP
3: IMAP rimuove i messaggi dal *server* e li riversa sulla memoria del destinatario
4: POP3 rimuove i messaggi dal *server* e li riversa sulla memoria del destinatario.

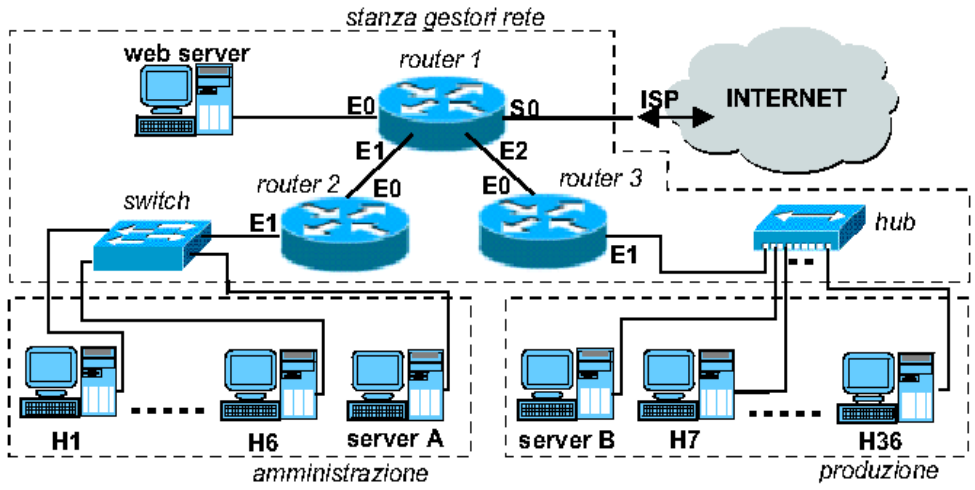

Figura 1: Articolazione della rete interna dell'Azienda.

Quesito 5 (punti 8). Lo schema logico riportato in figura 1 rappresenta la rete dati di una piccola Azienda composta da due reparti operativi e una stanza per i gestori della rete informatica, con le seguenti caratteristiche:

reparto *amministrazione* : 6 postazioni di lavoro collegate a uno *switch*, caratterizzate da un traffico al 50% di tipo utente-servente e facente capo al server A e per il rimanente diretto verso *Internet*

reparto *produzione* : 30 postazioni di lavoro collegate a un *hub*, caratterizzate da un traffico all'80% di tipo utente-servente e facente capo al server B", e per il rimanente 20% diretto verso *Internet.*

Sapendo che tutti i dispositivi di rete sono di standard *Fast-Ethernet*, pertanto operanti a 100 Mbps, calcolare i flussi di traffico massimo determinati dalla configurazione *hardware* della rete nel caso peggiore di traffico contemporaneo da tutti gli utenti. Il traffico proveniente dallesterno e diretto verso il web server può essere trascurato.

L'Azienda accede a *Internet* mediante un unico indirizzo IP statico fornito direttamente dal proprio ISP. Al suo interno, invece, intende condividere gli indirizzi privati di una sottorete di classe C ($192.168.1.0/25$), sfruttando la funzione di traduzione degli indirizzi (NAT, *Network Address Translation*) realizzata all'interno del proprio router 1. Tale *router* è di generazione sufficientemente recente per essere capace di utilizzare tutte le possibili denotazioni, incluse quelle "tutti 0" e "tutti 1") per esprimere gli indirizzi delle proprie sottoreti interne.
Sotto queste ipotesi si proponga una ripartizione degli indirizzi interni utili in sottoreti con *subnet mask* a lunghezza variabile (*VLSM, variable-length subnet mask*), e si compili una tabella riassuntiva che riporti, per ciascun dispositivo di rete dell'Azienda, l'indirizzo IP ad esso attribuito, la *subnet mask* corrispondente e il *default gateway* di riferimento.

[1]Esclusi ovviamente i valori di priorità impliciti determinati dalla durata dei processi.

Soluzione 1 (punti 7).

- FCFS (un processo per volta, fino al completamento)

```
processo A  AAAA                    LEGENDA DEI SIMBOLI
processo B  --bbBBBBB               - non ancora arrivato
processo C  ----cccccCCCCCC         x (minuscolo) attesa
processo D  ------ddddddddddDDD     X (maiuscolo) esecuzione
processo E  ---------eeeeeeeeeEE

CPU         AAAABBBBBCCCCCCDDDEE
coda        ..bbccccddddddeee..
            ......dddeeeeee.....
```

processo	tempo di risposta	tempo di attesa	tempo di *turn-around*
A	0	0	0+4=4
B	2	2	2+5=7
C	5	5	5+6=11
D	9	9	9+3=12
E	9	9	9+2=11
medie	5,00	5,00	9,00

- Round Robin (a divisione di tempo, senza priorità e con quanto di ampiezza 2)

```
processo A  AAAA                    LEGENDA DEI SIMBOLI
processo B  --bbBBbbBBbbbbbbB       - non ancora arrivato
processo C  ----ccCCccccCCccccCC    x (minuscolo) attesa
processo D  ------ddddDDdddddD      X (maiuscolo) esecuzione
processo E  ---------eeeeeEE        . coda vuota

CPU         AAAABBCCBBDDCCEEBDCC
coda        ..bbccbbddcceebbdc..
            ......ddcceebbddc...
            .........ebbddcc....
```

processo	tempo di risposta	tempo di attesa	tempo di *turn-around*
A	0	0	0+4=4
B	2	2+2+6=10	10+5=15
C	2	2+4+4=10	10+6=16
D	4	4+5=9	9+3=12
E	5	5	5+2=7
medie	2,60	6,80	10,80

- Round Robin (a divisione di tempo, con priorità e prerilascio e quanto di tempo di ampiezza 2)

```
processo A  AAaaaaaaaaaaaAA         LEGENDA DEI SIMBOLI
processo B  --BBBBbbB               - non ancora arrivato
processo C  ----ccCCcCCCC           x (minuscolo) attesa
processo D  ------ddddddddddddDDD   X (maiuscolo) esecuzione
processo E  ---------eeeeeeEE       . coda vuota

CPU         AABBBBCCBCCCCAAEEDDD
coda        ..aaccbbcaaaaeedd...
            ....aaaaaeeeedd.....
            ......ddddddd.......
```

processo	risposta	tempo di attesa	*turn-around*
A	0	0+11=11	11+4=15
B	0	0+2=2	2+5=7
C	2	2+1=3	3+6=9
D	11	11+0=11	11+3=14
E	6	6+0=6	6+2=8
medie	3,80	6,60	10,60

- SJF (senza considerazione di valori di priorità espliciti e con prerilascio)

```
processo A  AAAA                    LEGENDA DEI SIMBOLI
processo B  --bbBBBBB               - non ancora arrivato
processo C  ----ccccccccccCCCCCC    x (minuscolo) attesa
processo D  ------ddddddDDD         X (maiuscolo) esecuzione
processo E  ---------EE

CPU         AAAABBBBBEEDDDCCCCCC
coda        ..bbccdddddccc......
            ......ccccc.........
```

processo	risposta	tempo di attesa	*turn-around*
A	0	0	0+4=4
B	2	2	2+5=7
C	10	10	10+6=16
D	5	5	5+3=8
E	0	0	0+2=2
medie	3,40	3,40	7,40

Soluzione 2 (punti 7). La figura 2 riporta la versione grafica della rappresentazione insiemistica data.

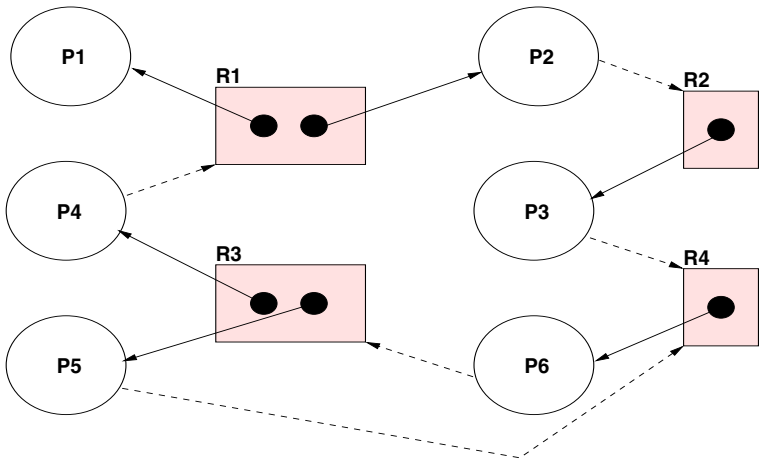

Figura 2: Grafo di allocazione delle risorse per il sistema dato, dove la freccia tratteggiata diretta da P_i a R_j denota una relazione in $\mathcal{E}(\mathcal{P})$ e la freccia solida diretta da R_j a P_i denota una relazione in $\mathcal{E}(\mathcal{R})$.

Allo stato si distinguono due percorsi chiusi:
percorso 1:

$$\{P_5 \rightarrow R_4 \rightarrow P_6 \rightarrow R_3 \rightarrow P_5\} \tag{5}$$

percorso 2:

$$\{P_2 \rightarrow R_2 \rightarrow P_3 \rightarrow R_4 \rightarrow P_6 \rightarrow R_3 \rightarrow P_4 \rightarrow R_1 \rightarrow P_2\} \tag{6}$$

in entrambi i quali è presente almeno una risorsa completamente impegnata ma a molteplicità > 1 e quindi con almeno un processo potenzialmente non implicato nel percorso chiuso. In situazioni di questo genere *non si può* trarre alcuna conclusione a priori sullo stato di stallo del sistema, ma occorre analizzare il problema dato nel suo specifico dettaglio.
Il percorso 1 condivide la risorsa R_3 a molteplicità > 1 con il percorso 2, il che comporta la stessa caratteristica per entrambi: o sono entrambi bloccati o si potranno liberare successivamente. Lo stato di stallo del percorso 1 dipende dall'evoluzione della risorsa R_3, cioè dalla possibilità che essa si liberi indipendentemente dai processi P_5 e P_6 implicati nel percorso. Lo stato della risorsa R_3 però dipende anche dal percorso 2, e quindi dall'evoluzione della risorsa R_1 (l'altra risorsa a molteplicità > 1). La risorsa R_1 è in possesso del processo P_1, che *non è incluso* nei due percorsi chiusi, e che quindi può procedere regolarmente e prima o poi rilasciare R_1. Quando ciò avverrà, P_4 potrà accedere alla risorsa R_1, e quindi riprendere ad avanzare. Al proprio completamento, P_4 rilascerà una molteplicità della risorsa R_3, che potrà essere devoluta al processo P_6, che potrà così a sua volta avanzare fino al proprio completamento. Infine verrà rilasciata anche la risorsa R_4, che potrà essere assegnata al processo P_5 o P_3. La sequenza di completamento e di rilascio procede poi a catena, consentendo la ripresa di tutti gli altri processi in attesa. Si puo pertanto concludere che la situazione proposta *non è di stallo*.
Qualora invece il processo P_1 richiedesse la risorsa R_1, partendo dalla situazione iniziale, questo creerebbe un nuovo percorso chiuso che manterrebe sospeso anche P_1, così determinando lo stallo completo del sistema.

Soluzione 3 (punti 7). Il fenomeno della frammentazione a livello di partizione è conseguenza diretta dell'allocazione di blocchi non contigui a *file*. Questo tipo di frammentazione produce un percepibile scadimento delle prestazioni a causa dei movimenti meccanici del disco necessari per il reperimento di blocchi non contigui di dati.
Le utilità di deframmentazione operano per porre rimedio a questo problema. Il loro funzionamento cerca di raggruppare i blocchi dati di ciascun *file* appartenente alla partizione quanto più contiguamente possibile. Per farlo tali utilità spostano progressivamente blocchi dati su zone libere della partizione così da liberare aree abbastanza grandi per allocarvi *file* interi.
Come è facile capire questa attività sul disco è molto delicata, impegnativa e incompatibile con ogni altra attività di sistema che operi autonomamente su zone della partizione. Per questo motivo, sistemi operativi con strategie di allocazione dei *file* minimamente ragionevoli non hanno convenienza a esporre all'utente applicativo una utilità di questo tipo, mentre possono prevedere l'impiego di strategie di deframmentazione in fasi non operative.

Soluzione 4 (punti 3).

Quesito	Risposta
[4.A]	2
[4.B]	3
[4.C]	4

Soluzione 5 (punti 8). Come è noto, il *router* separa le reti locali, isolandone i domini di diffusione. Pertanto, per il calcolo dei flussi nel caso peggiore possiamo analizzare il traffico separatamente per ogni rete locale.
Per prima cosa occorre individuare i flussi utili, secondo quanto indicato dal testo del quesito. Detti:

- X flusso di dati gestito da un generico utente del reparto amministrazione ($H1 - H6$)
- Y flusso di dati gestito da un generico utente del reparto produzione ($H7 - H36$)
- Z flusso di dati degli utenti esterni verso il web server (valore *trascurato*)

si ottiene facilmente la distribuzione rappresentata in figura 3.
Passiamo ora ad analizzare le singole reti.

$LAN0$: connessione tra ISP e *router* aziendale (interfaccia $S0$). Lunico traffico segnalato dal quesito vale $3X + 6Y$; trascurando il traffico causato da visitatori esterni, si può ricavare la condizione:

$$3X + 6Y \leq 100 \text{ Mbps} \tag{7}$$

$LAN1$: connessione tra *router* aziendale (interfaccia $E0$) e web server. L'unico traffico presente sul ramo è quello causato dai visitatori esterni, che è trascurabile per dato di progetto

$LAN2$: connessione tra *router* aziendale (interfaccia $E1$). La condizione che applica a questo ramo vale:

$$3X \leq 100 \text{ Mbps} \tag{8}$$

$LAN3$: connessione tra *router* aziendale (interfaccia $E2$) e router 3 di ingresso al reparto *produzione* (interfaccia $E0$). La condizione che applica a questo ramo vale:

$$6Y \leq 100 \text{ Mbps} \tag{9}$$

$LAN4$: questa sottorete fa capo allinterfaccia $E1$ del router 2 di ingresso al reparto *amministrazione* è gestita da uno *switch* che segmenta totalmente gli utenti e il server B. La determinazione del traffico utile in questa sottorete è immediata. Utilizzando i dati del testo e operando sotto uno *switch* non dobbiamo considerare il traffico totale ma solo quello utile. Le condizioni che si ricavano in questo reparto valgono pertanto:

$$X \leq 100 \text{ Mbps} \tag{10}$$
$$3X \leq 100 \text{ Mbps} \tag{11}$$

$LAN5$: questa sottorete fa capo allinterfaccia $E1$ del router 3 di ingresso al reparto *produzione* è gestita da un *hub* inglobando in un unico dominio di collisione tutti gli utenti e il server B. La determinazione del traffico utile in questa sottorete è immediata, in analogia al caso di $LAN4$. Utilizzando i dati del testo e operando sotto un *hub* dobbiamo considerare anche il traffico totale, determinato come la somma di tutti i valori di traffico utile presente su tutte le porte dell*hub*. Le condizioni che si ricavano in questo reparto valgono pertanto:

$$Y \leq 100 \text{ Mbps} \tag{12}$$
$$6Y \leq 100 \text{ Mbps} \tag{13}$$
$$24Y \leq 100 \text{ Mbps} \tag{14}$$
$$60Y \leq 100 \text{ Mbps}. \tag{15}$$

Le condizioni più restrittive tra quelle sopra riscontrate sono quelle di indice (7), (8) e (15). I valori massimi di traffico di caso peggiore saranno pertanto ottenuti massimizzando i valori di X e Y nella condizione (7), ovvero: $X = 31.65$ e $Y = 0.83$.

La configurazione della porta S0 del *router* aziendale non influenza la pianificazione degli indirizzi IP delle sottoreti interne ed è, di norma, di competenza diretta ed esclusiva dell'ISP. I dati di progetto specificano che per gli altri dispositivi abbiamo a disposizione la sottorete di indirizzi riservati $192.168.1.0/25$, che dobbiamo utilizzare la tecnica *VLSM* e che tutti i *router* aziendali siano capaci di utilizzare tutte le possibili denotazioni (incluse quelle "tutti 0" e "tutti 1") per esprimere gli indirizzi delle sottoreti interne.

Usando la figura 5 individuiamo per prima cosa le sottoreti necessarie e le rispettive esigenze in termini di indirizzi IP.

Come sappiamo, adottando la tecnica *VLSM* conviene iniziare l'analisi degli indirizzi a partire dalla sottorete più numerosa, $LAN5$ nel nostro caso. La tabella 1 mostra la sottorete di partenza. Suddividiamola ora in due sottoreti, come mostrato in tabella 2.

La sottorete I, con parte di nodo ampia 6 *bit*, dispone di $2^6 - 2 = 62$ indirizzi IP utili ed è quindi più che sufficiente per ospitare $LAN5$. La sottorete II la utilizzeremo invece per realizzare le altre sottoreti per successive suddivisioni. Cominciamo a suddividere la sottorete II in due, come mostrato in tabella 3.

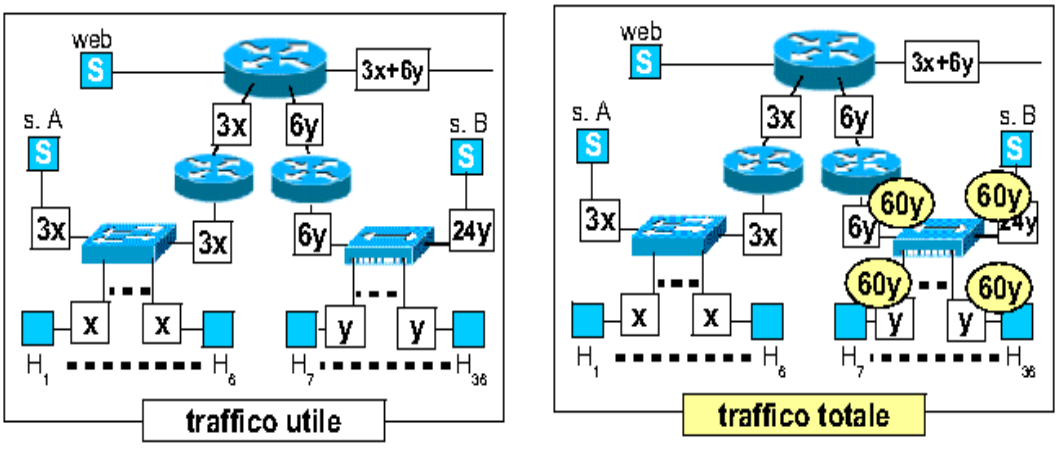

Figura 3: Ripartizione del traffico interno alla rete Aziendale.

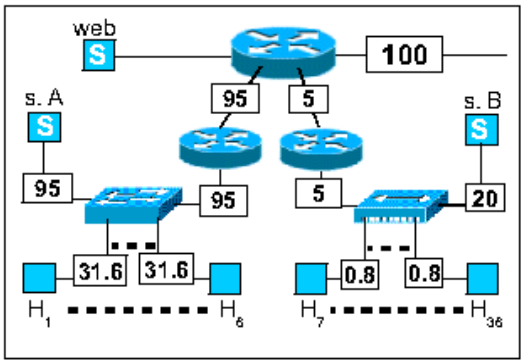

Figura 4: Traffico utile di caso peggiore sui rami della rete interna dell'Azienda.

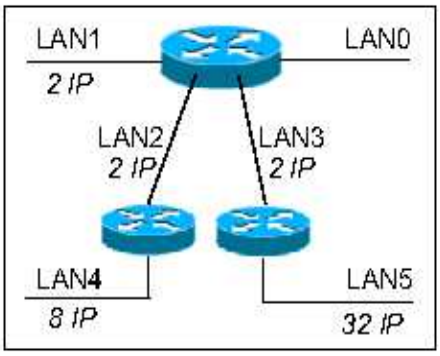

Figura 5: Esigenze di indirizzi IP nelle varie sottoreti interne dell'Azienda.

192.168.1.0/25	11000000.10101000.00000001.00000000	rete interna
subnet mask	11111111.11111111.11111111.10000000	255.255.255.128

Tabella 1: Denotazione iniziale della rete interna aziendale.

La sottorete II-1, con parte di nodo ampia 5 *bit*, dispone di $2^5 - 2 = 30$ indirizzi IP utile ed è quindi capiente abbastanza per ospitare $LAN4$. Della sottorete II-2 utilizzeremo invece una porzione limitata, sufficiente per ospitare le sottoreti $LAN1-3$, tutte a capienza 2 e dunque con parte di nodo ampia 2 *bit* (poichè $2^2 - 2 = 2$), come mostrato in tabella 4.
Poichè abbiamo dovuto realizzare 4 sottorete pur avendo solo 3 da rappresentare, la sottorete II-2-IV resterà per il momento inutilizzata.

192.168.1.0/**26**	11000000.10101000.00000001.0**0**000000	*subnet I*	$LAN5$
192.168.1.64/**26**	11000000.10101000.00000001.0**1**000000	*subnet II*	
subnet mask	11111111.11111111.11111111.11000000	255.255.255.192	

Tabella 2: Prima suddivisione della rete interna aziendale in 2 sottoreti I ($LAN5$) e II.

192.168.1.64/**27**	11000000.10101000.00000001.01**0**00000	*subnet II-1*	$LAN4$
192.168.1.96/**27**	11000000.10101000.00000001.01**1**00000	*subnet II-2*	
subnet mask	11111111.11111111.11111111.11100000	255.255.255.224	

Tabella 3: Suddivisione della sottorete II in 2 ulteriori sottoreti II-1 ($LAN4$) e II-2.

192.168.1.96/**30**	11000000.10101000.00000001.0110**00**00	*subnet II-2-I*	$LAN1$
192.168.1.100/**30**	11000000.10101000.00000001.0110**01**00	*subnet II-2-II*	$LAN2$
192.168.1.104/**30**	11000000.10101000.00000001.0110**10**00	*subnet II-2-III*	$LAN3$
192.168.1.108/**30**	11000000.10101000.00000001.0110**11**00	*subnet II-2-IV*	
subnet mask	11111111.11111111.11111111.1111**11**00	255.255.255.252	

Tabella 4: Suddivisione della sottorete II-2 in 4 ulteriori sottoreti II-2-I/IV destinate a $LAN1-3$.

In tabella 5 riportiamo una possibile configurazione delle interfacce presenti nella rete aziendale in esame:

rete	**dispositivo**	**indirizzo IP**	*subnet mask*	*default gateway*	**note**
$LAN1$		192.168.1.96	255.255.255.252		sottorete *II-2-I*
	web server	192.168.1.97	/30	192.168.1.98	porta web server
	router 1 (interfaccia $E0$)	192.168.1.98	/30		porta *router 1*
		192.168.1.99	/30		diffusione
$LAN2$		192.168.1.100	/30		sottorete *II-2-II*
	router 1 (interfaccia $E1$)	192.168.1.101	/30		porta *router 1*
	router 2 (interfaccia $E0$)	192.168.1.102	/30		porta *router 2*
		192.168.1.103	/30		diffusione
$LAN3$		192.168.1.104	255.255.255.252		sottorete *II-2-III*
	router 1 (interfaccia $E2$)	192.168.1.105	/30		porta *router 1*
	router 3 (interfaccia $E0$)	192.168.1.106	/30		porta *router 3*
		192.168.1.107	/30		diffusione
$LAN4$		192.168.1.64	255.255.255.224	192.168.1.94	sottorete *II-1*
	H1	192.168.1.65	/27	192.168.1.94	
	H2	192.168.1.66	/27	192.168.1.94	
	...	...	/27	...	
	H6	192.168.1.70	/27	192.168.1.94	
	server A	192.168.1.93	/27	192.168.1.94	
	router 2 (interfaccia $E1$)	192.168.1.94	/27		porta *router 2*
		192.168.1.95	/27		diffusione
$LAN5$		192.168.1.0	255.255.255.192	192.168.1.62	sottorete *I*
	H7	192.168.1.1	/26	192.168.1.62	
	H8	192.168.1.2	/26	192.168.1.62	
	H9	192.168.1.3	/26	192.168.1.62	
	...	...	/26	...	
	H36	192.168.1.30	/26	192.168.1.62	
	server B	192.168.1.61	/26	192.168.1.62	
	router 3 (interfaccia $E1$)	192.168.1.62	/26		porta *router 3*
		192.168.1.63	/26		diffusione

Tabella 5: Una possibile attribuzione di indirizzi IP interni alle postazioni delle 5 sottoreti aziendali.