



**Università degli Studi di Trieste**

**Dipartimento di Ingegneria e Architettura**

**Corso Laurea Magistrale: Ingegneria Civile**

**Insegnamento: Principi di Infrastrutture Viarie (cod. 239MI)**



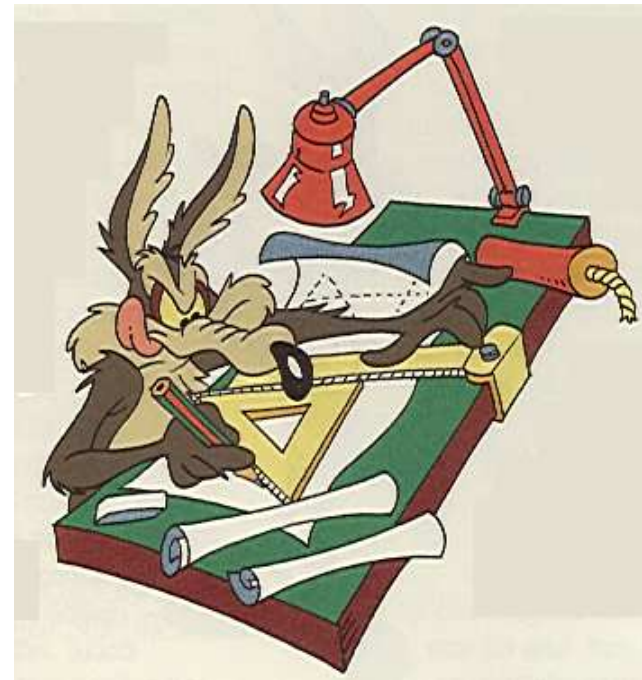
## Esercizi

**Roberto Roberti**

**Tel.: 040 558 3588**

**E-mail: roberto.roberti@dia.units.it**

**Anno accademico 2019/2020**



# Esercizio N° 1

Si consideri un'autovettura di massa  $m = 1,2$  t, in moto a velocità costante  $V = 72$  km/h. Calcolare forze e resistenze agenti sul veicolo in rapporto alle seguenti caratteristiche: superficie frontale  $2$  m<sup>2</sup>; coefficiente di forma  $0,3$ ; pendenza longitudinale in salita  $6$  %, resistenza specifica al rotolamento  $r_0 = 0,1 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$ ,  $P_a/P = 0,55$ .  
Si eseguano i calcoli illustrando sinteticamente il procedimento.

SVOLGIMENTO Dati (trasformo i dati in unità di misura coerenti):

Massa automobile;  $m = 1200$  kg;

Superficie resistente automobile;  $S = 2,0$  m<sup>2</sup>;

Velocità  $v = V/3,6 = 72/3,6 = 20$  m/s

Coefficiente aerodinamico automobile;  $C_x = 0,30$

Coefficiente di inerzia della masse rotanti automobile  $\beta = 1,02$ ;

Densità dell'aria  $\rho = 1,225$  kg/m<sup>3</sup>;

Resistenza specifica rotolamento automobile;  $r_0 = 0,1 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2 = 0,10 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot 20^2 = 0,102$  [N/kg];

Peso aderente automobile  $P_A = 0,55 \cdot m \cdot g$ ;

Coefficiente di aderenza disponibile  $f = 0,45$ .

Pendenza strada  $i = 6$  %

## Esercizio N° 2

Si calcoli la pendenza massima superabile all'avvio e alla velocità di 100 km/h di un'autovettura, di un autocarro e di un autoarticolato. I valori devono essere calcolati tenendo conto sia della limitazione dovuta alla potenza dei veicoli che all'aderenza della strada. I dati sono a discrezione dello studente che deve però giustificarli.

Si eseguano i calcoli illustrando sinteticamente il procedimento.

| Tipo di veicolo |              | Sforzi di trazione specifici (N/N) per v=20 km/h e v=100 km/h |                  | Accelerazioni medie (m/sec <sup>2</sup> ) per tre campi di velocità (km/h) |           |           |
|-----------------|--------------|---|------------------|--|-----------|-----------|
|                 |              | T <sub>20</sub>   | T <sub>100</sub> | 0 ÷ 40   | 60 ÷ 90   | 90 ÷ 120  |
| Autovetture     | Utilitarie   | 0,33 ÷ 0,47   | 0,07 ÷ 0,09      | 1,3 ÷ 2,0  | 0,6 ÷ 1,0 | -         |
|                 | Medie        | 0,50 ÷ 0,90   | 0,10 ÷ 0,18      | 2,0 ÷ 3,8  | 1,0 ÷ 2,0 | 0,3 ÷ 0,5 |
|                 | Grandi       | 1,00 ÷ 1,35   | 0,20 ÷ 0,27      | 3,5 ÷ 5,5  | 1,4 ÷ 2,3 | 0,5 ÷ 0,8 |
| Autocarri       | Leggeri      | 0,27 ÷ 0,34   | 0,05 ÷ 0,07      | 1,2 ÷ 1,4  | 0,6 ÷ 0,8 | -         |
|                 | Medi         | 0,20 ÷ 0,27   | 0,04 ÷ 0,05      | 0,9 ÷ 1,1  | 0,4 ÷ 0,7 | -         |
|                 | Pesanti      | 0,16 ÷ 0,24   | 0,03 ÷ 0,05      | 0,6 ÷ 0,8  | 0,2 ÷ 0,6 | -         |
|                 | Pesantissimi | 0,10 ÷ 0,20   | 0,02 ÷ 0,04      | 0,4 ÷ 0,7  | 0,1 ÷ 0,3 | -         |
| Autoarticolati  | Medi         | 0,14 ÷ 0,16   | 0,03 ÷ 0,05      | 0,6 ÷ 0,7  | 0,2 ÷ 0,3 | -         |
|                 | Pesanti      | 0,10 ÷ 0,13   | 0,02 ÷ 0,03      | 0,4 ÷ 0,6  | 0,1 ÷ 0,2 | -         |
| Autobus         | Medi         | 0,20 ÷ 0,27   | 0,04 ÷ 0,05      | 1,1 ÷ 1,4  | 0,6 ÷ 0,9 | 0,2 ÷ 0,4 |
|                 | Pesanti      | 0,16 ÷ 0,24   | 0,03 ÷ 0,05      | 0,8 ÷ 1,2  | 0,3 ÷ 0,5 | -         |
| Rimorchi        | Medi         | -   | -                | -  | -         | -         |
|                 | Pesanti      | -   | -                | -  | -         | -         |

(\*) 1 W/N=13,33 CV/t    1 CV/t=0,075 W/N

*Tab.3 – Dati caratteristici di veicoli stradali*

## Esercizio N° 3

Un'automobile corre su un'autostrada in discesa con il 2% di pendenza e con vento contrario di 12 m/s, alla velocità di 120 km/h. La vettura presenta una massa di 1000 kg, una superficie frontale di 2,45 m<sup>2</sup> e un coefficiente di forma di 0,33; a bordo vi sono 3 persone con bagagli per un peso complessivo di 250 kg. Calcolare le resistenze al moto e la potenza necessaria all'albero motore considerando che il rendimento meccanico della trasmissione è 0,90, resistenza al rotolamento  $r_0 = 0,10 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$ ,  $P_a/P = 0,6$ . Si eseguano i calcoli illustrando sinteticamente il procedimento.

SVOLGIMENTO Dati (trasformo in valori in unità di misura coerenti):

Massa automobile;  $m_1 = 1000$  kg; massa carico  $m_2 = 250$ ; massa totale  $m = 1250$

Velocità iniziale automobile;  $V = 120$  km/h  $v = 120/3,6 = 33,33$  m/s;

Velocità vento contrario al moto dell'automobile  $v_v = 12$  m/s;

Resistenza specifica al rotolamento dell'automobile  $r_0 = 0,10 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2 = 0,10 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot (33,33)^2 = 0,106$  [N/kg] con  $v$ , velocità automobile, espressa in m/s;

Superficie frontale dell'automobile  $S = 2,45$  m<sup>2</sup>;

Coefficiente di forma aerodinamica dell'automobile  $C_x = 0,33$ ;

Coefficiente di inerzia della masse rotanti dell'automobile  $\beta = 1,00$ ;

Rendimento della trasmissione dell'automobile  $\eta = 0,90$ ;

Densità dell'aria  $\rho = 1,225$  kg/m<sup>3</sup>;

Pendenza strada  $\text{tg}(\alpha) = i = 2\% = 0,02$ , da calcolarsi in discesa, cioè in favore del moto;

Peso aderente dell'automobile  $P_A = 0,6 \cdot m \cdot g = 0,60 \cdot 1250 \cdot 9,81 = 7357$  [N]

**Sono richieste:**

La resistenza complessiva  $R$  e la potenza necessaria all'albero del motore dell'automobile,  $N$  espressa in [W],

La verifica di aderenza, cioè che la forza di aderenza "A" disponibile sia maggiore dello sforzo di trazione "T" richiesto alle ruote, entrambi espressi in [N].

## Esercizio N° 4

Calcolare la velocità che può sostenere a regime e su una strada con il 5% di pendenza un autocarro con le seguenti caratteristiche: massa 18 t; potenza massima 130 kW a 1900 giri/minuto; coefficiente di forma 0,7, superficie frontale 5 m<sup>2</sup>; rendimento meccanico della trasmissione 0,9,  $r_0 = 0,20 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$ ,  $P_a/P = 0,6$ . Si eseguano i calcoli illustrando sinteticamente il procedimento.

SVOLGIMENTO Dati (trasformo i valori in unità di misura coerenti):

Massa autoarticolato;  $m = 18000$  kg;

Potenza motore autoarticolato  $N = 130$  kW = 130000 W;

Resistenza specifica al rotolamento dell'autoarticolato  $r_0 = 0,20 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$  [N/kg] con  $v$ , velocità autoarticolato, espressa in m/s;

Superficie frontale dell'automobile  $S = 5$  m<sup>2</sup>;

Coefficiente di forma aerodinamica dell'autoarticolato  $C_x = 0,7$ ;

Coefficiente di inerzia della masse rotanti dell'autoarticolato  $\beta = 1,05$ ;

Rendimento della trasmissione dell'autoarticolato  $\eta = 0,90$ ;

Densità dell'aria  $\rho = 1,225$  kg/m<sup>3</sup>;

Pendenza strada  $\text{tg}(\alpha) = i = 5\% = 0,05$ , da calcolarsi in salita, cioè in opposizione al moto;

Peso aderente dell'autoarticolato  $P_A = 0,6 \cdot m \cdot g = 0,6 \cdot 18000 \cdot 9,81 = 105948$  [N]

Coefficiente di aderenza disponibile tratto dalle norme per la velocità calcolata.

**Sono richieste:**

La velocità a regime, espressa in km/h, dell'autoarticolato;

La verifica di aderenza, cioè che la forza di aderenza "A" sia maggiore dello sforzo di trazione "T" richiesto alle ruote, entrambi espressi in [N].

## Esercizio N° 5

**Calcolare, per un veicolo stradale di massa pari a 1000 kg, aliquota di peso aderente 0,67, soggetto a una resistenza unitaria  $r_0 = 15 \text{ N/kN}$ , con un coefficiente di aderenza 0,6, su strada in piano, la massima accelerazione permessa dalla condizione di conservazione del regime di aderenza in fase di avviamento. Si eseguano i calcoli illustrando sinteticamente il procedimento.**

## Esercizio N° 6

**Un'automobile parte da ferma su una strada in salita con pendenza del 4% e raggiunge la velocità di 50 km/h in 8 s, muovendosi con moto uniformemente accelerato. Determinare la minima percentuale necessaria di peso scaricato sulle ruote motrici allo spunto. Sono noti i seguenti parametri: massa 1,2 t; coefficiente di aderenza 0,6.**

**SVOLGIMENTO Dati (trasformo i valori in unità di misura coerenti):**

Massa automobile;  $m = 1200 \text{ kg}$ ;

Accelerazione automobile allo spunto (in avvio);  $a = (50/3,6)/8 = 1,74 \text{ m/s}^2$ ;

Resistenza specifica al rotolamento dell'automobile  $r_0 = 0,1 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$  [N/kg] con  $v$ , velocità automobile, espressa in m/s;

Superficie frontale dell'automobile  $S = 2,5 \text{ m}^2$ ;

Coefficiente di forma aerodinamica dell'automobile  $C_x = 0,33$ ;

Coefficiente di inerzia della masse rotanti dell'automobile  $\beta = 1,01$ ;

Densità dell'aria  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ ;

Pendenza strada  $\text{tg}(\alpha) = i = 4 \% = 0,04$ , da calcolarsi in salita, cioè in opposizione al moto;

Coefficiente di aderenza disponibile  $f = 0,60$ .

**Sono richieste:**

Il peso aderente minimo.

## Esercizio N° 7

**Un autotreno viaggia alla velocità di 80 km/h su un tronco stradale in salita con pendenza del 3%. Determinare il peso massimo rimorchiabile dalla motrice, noti i seguenti parametri: massa motrice  $M_M=18$  t; potenza motore 300 kW, rendimento trasmissione 0,90; coefficiente di forma 0,7, superficie frontale 5 m<sup>2</sup>;  $r_0 = 0,20 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$ ,  $P_a/P = 0,6$  della motrice. Si eseguano i calcoli illustrando sinteticamente il procedimento.**

SVOLGIMENTO Dati (trasformo i valori in unità di misura coerenti):

Massa motrice autotreno;  $m = 18000$  kg;

Resistenza specifica al rotolamento dell'autotreno  $r_0 = 0,2 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$  [N/kg] con  $v$ , velocità autotreno, espressa in m/s;

Superficie frontale dell'automobile  $S = 5$  m<sup>2</sup>;

Coefficiente di forma aerodinamica dell'automobile  $C_x = 0,7$ ;

Densità dell'aria  $\rho = 1,225$  kg/m<sup>3</sup>;

Pendenza strada  $\text{tg}(\alpha) = i = 3\% = 0,03$ , da calcolarsi in salita, cioè in opposizione al moto;

Coefficiente di aderenza disponibile  $f = 0,40$ .

$P_a/P = 0,6$

$N = 300000$  W

**Sono richieste:**

Il peso max rimorchiabile, sia per la condizione di potenza che di aderenza.



## Esercizio N° 8

Verificare se un autotreno, partendo da fermo, riesce a trainare un rimorchio di massa 20 t su una strada in salita (3%). Sono noti i seguenti parametri: massa locomotore  $M_M=18$  t; potenza motore 300 kW, rendimento trasmissione 0,85; accelerazione in avviamento 0,2 m/s<sup>2</sup>; coefficiente di inerzia masse rotanti 1,05; coefficiente aderenza 0,5;  $r_0 = 0,20 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot v^2$ ,  $Pa/P = 0,65$ . Si eseguano i calcoli illustrando sinteticamente il procedimento.

## Esercizio N° 9

Si calcolino le distanze di visibilità per una strada di tipo C, lontano da intersezioni (assenza di punti singolari), su un tratto di strada in curva di raggio 339 m e con una velocità di percorrenza di 90 km/h, con una pendenza longitudinale in valore assoluto pari a 6 %. Si verifichi poi a quale distanza minima dal margine della strada debbano trovarsi gli ostacoli laterali che limitano la visibilità nella curva. La strada presenta una sezione trasversale con due corsie di 3,50 m e due banchine laterali di 1,25 m, per una larghezza complessiva di 9,50 m.

### SVOLGIMENTO

#### Dati:

Strada di Tipo C, assenza di punti singolari.

Pendenze longitudinali livelletta  $|i_l| = 6\%$

Velocità di progetto  $V_p = 90$  km/h

Raggio curva  $R = 339$  m

Sezione stradale: 2 corsie di 3,50 metri e due banchine di 1,25 metri

#### Sono richieste:

Le distanze di visibilità per la strada in oggetto;

La distanza minima dal margine stradale a cui si debbano trovare gli ostacoli che limitano la visibilità, in modo che siano verificate le distanze di visibilità calcolate.

# Esercizio N° 10

**Si calcolino le distanze di visibilità per una strada di tipo C, in presenza assenza di punti singolari, su un tratto di strada in curva di raggio 339 m e con una velocità di percorrenza di 90 km/h, con una pendenza longitudinale in valore assoluto pari a 6 %. Si verifichi poi a quale distanza minima dal margine della strada debbano trovarsi gli ostacoli laterali che limitano la visibilità nella curva. La strada presenta una sezione trasversale con due corsie di 3,50 m e due banchine laterali di 1,25 m, per una larghezza complessiva di 9,50 m.**

SVOLGIMENTO

**Dati:**

Strada di Tipo C, presenza di punti singolari.

Pendenze longitudinali livelletta  $|i_1| = 6\%$

Velocità di progetto  $V_p = 90$  km/h

Raggio curva  $R = 339$  m

Sezione stradale: 2 corsie di 3,50 metri e due banchine di 1,25 metri

**Sono richieste:**

Le distanze di visibilità per la strada in oggetto;

La distanza minima dal margine stradale a cui si debbano trovare gli ostacoli che limitano la visibilità, in modo che siano verificate le distanze di visibilità calcolate.

# Esercizio N° 11

Si calcolino le distanze di visibilità per una strada di tipo A, in presenza di punti singolari, su un tratto di strada con una velocità di percorrenza di 120 km/h, con una pendenza longitudinale variabile in un senso di marcia da + 5% a -2% e viceversa in senso opposto.

SVOLGIMENTO

**Dati:**

Strada di Tipo A, presenza di punti singolari.

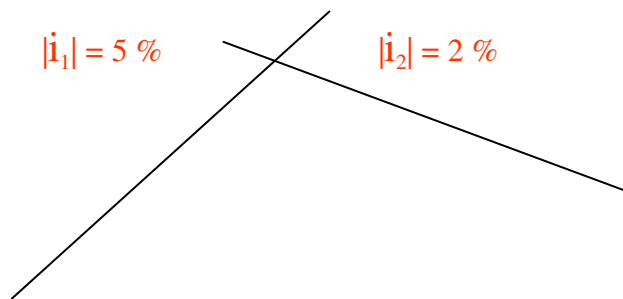
Pendenze longitudinali livellette  $|i_1| = 5\%$  e  $|i_2| = 2\%$

Velocità di progetto  $V_p = 120$  km/h

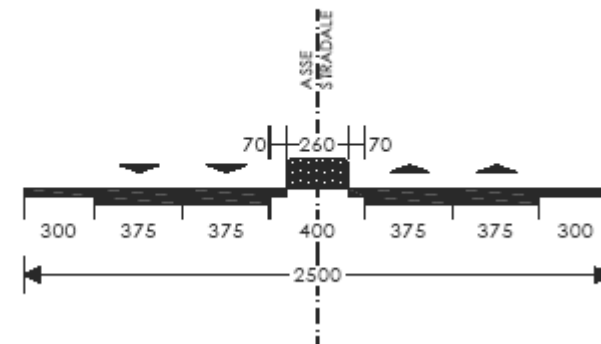
Sezione stradale: 2 corsie di 3,75 metri e corsia emergenza di 3,00 metri

**Sono richieste:**

Le distanze di visibilità per la strada in oggetto nei due sensi di

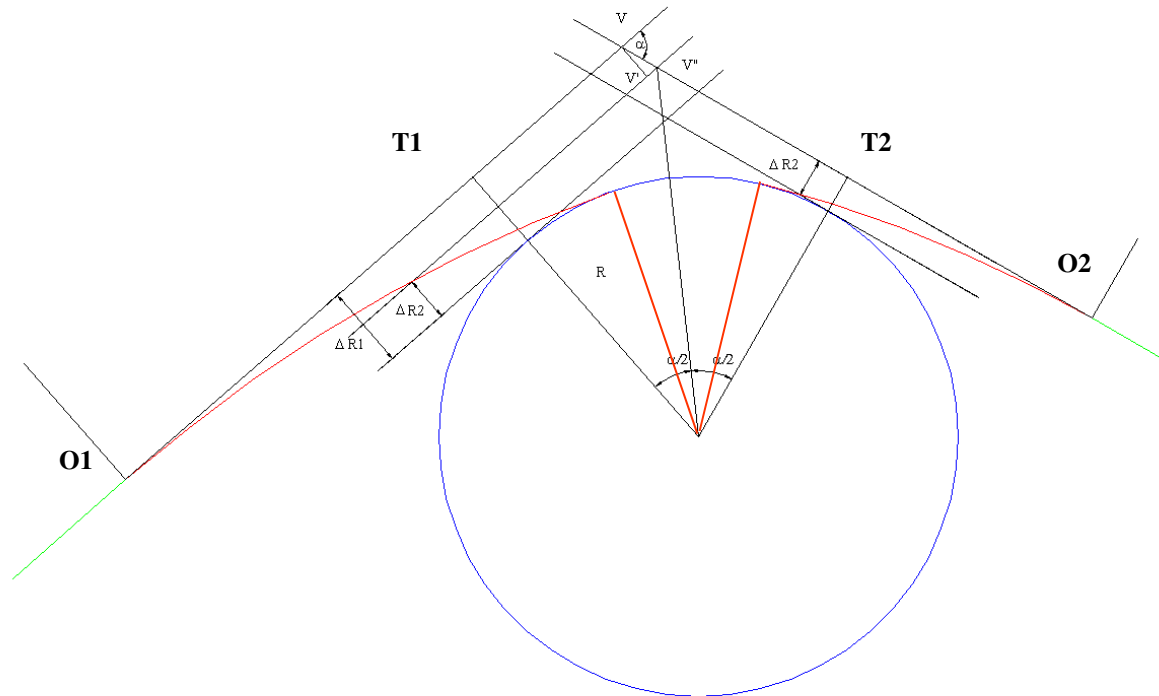


Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



## Esercizio N° 12

Si consideri una strada di tipo C, nell'ipotesi di raccordo tra rettilineo e curva circolare (con velocità di progetto 90 km/h), con angolo di deviazione tra i rettilinei di appoggio di  $90^\circ$ , si richiede : il raggio della curva, il calcolo del parametro delle clotoidi, il tracciamento per punti delle clotoidi (si ipotizzi parametri delle clotoidi in entrata e uscita differenti).



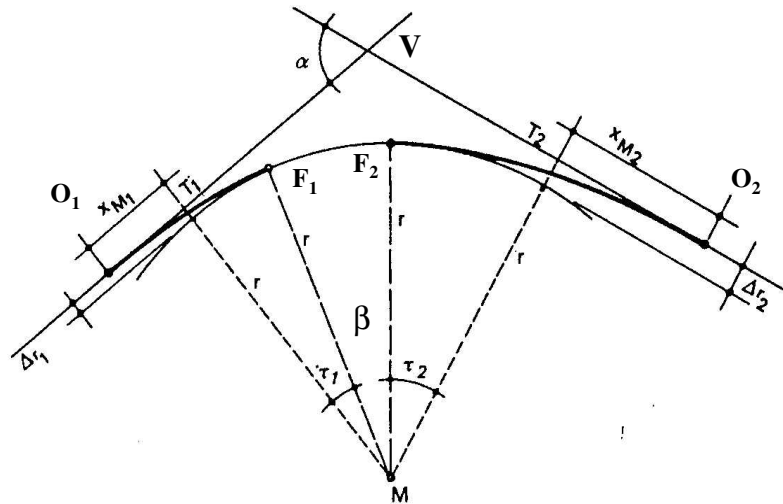
# Esercizio N° 13

## TESTO

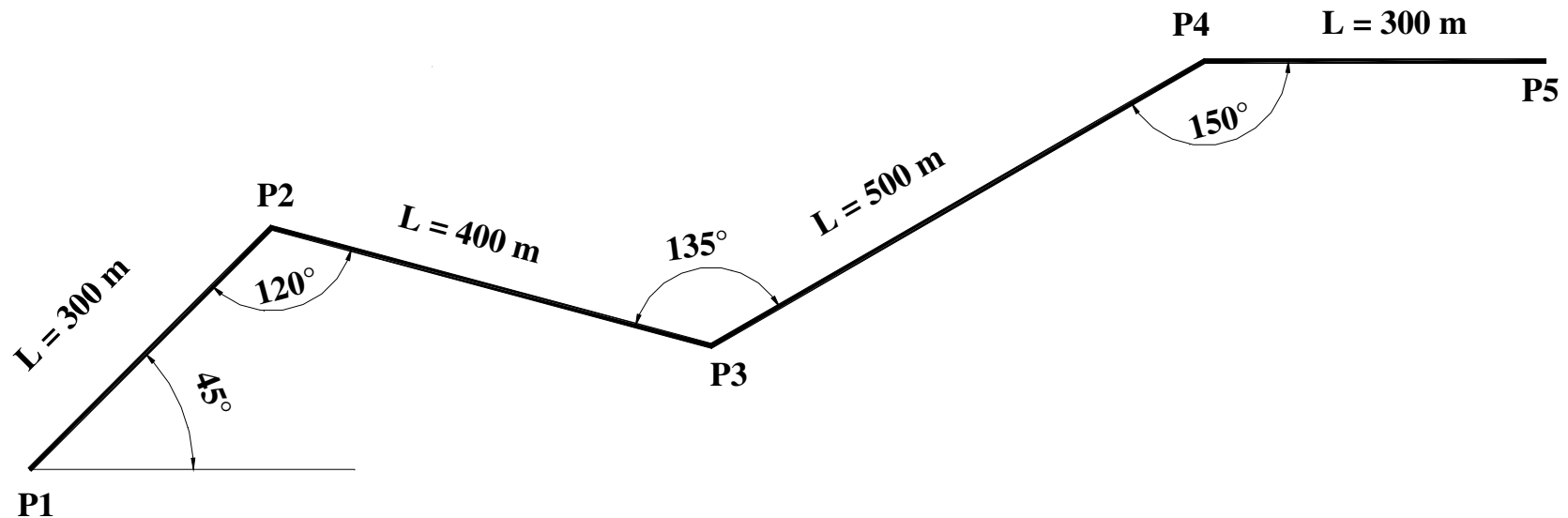
Progettare e tracciare l'asse di una curva in una strada di tipo "A" extraurbana (2 corsie per senso di marcia di 3,75 m), secondo il DM 05/11/2001, tra due rettili che formano tra loro un angolo  $\alpha = 60^\circ$ , per una velocità di progetto della curva circolare di 120 km/h, e un rapporto tra gli scostamenti in entrata ed uscita di  $\Delta R_2 / \Delta R_1 \geq 2,5$ .

Si richiede in particolare di definire: il raggio "R" della curva circolare; la pendenza trasversale della piattaforma stradale; il coefficiente di aderenza trasversale impegnata; i parametri di scala ( $A_1$  e  $A_2$ ) delle clotoidi in entrata ed uscita; la lunghezza delle clotoidi, la lunghezza dell'arco di cerchio;

Per quanto riguarda il tracciamento della curva si richiedono le posizioni: dei punti di origine ( $O_1, O_2$ ) delle clotoidi ed il centro (M) della curva circolare rispetto il vertice V; i punti finali ( $F_1, F_2$ ) delle clotoidi, ed alcuni punti interni delle clotoidi rispetto la relativa origine.



## Esercizio N° 14



In figura è indicata la poligonale d'asse di una strada di tipo C1; supponendo che nel punto iniziale "P1" la velocità di progetto sia 80 km/h e nel punto finale "P5" sia di 90 km/h, progettare planimetricamente le curve circolari e le curve di transizione verificando il diagramma di velocità e le distanze di visibilità, supponendo gli ostacoli laterali ai margini della piattaforma. I raggi delle curve devono avere raggio diverso.

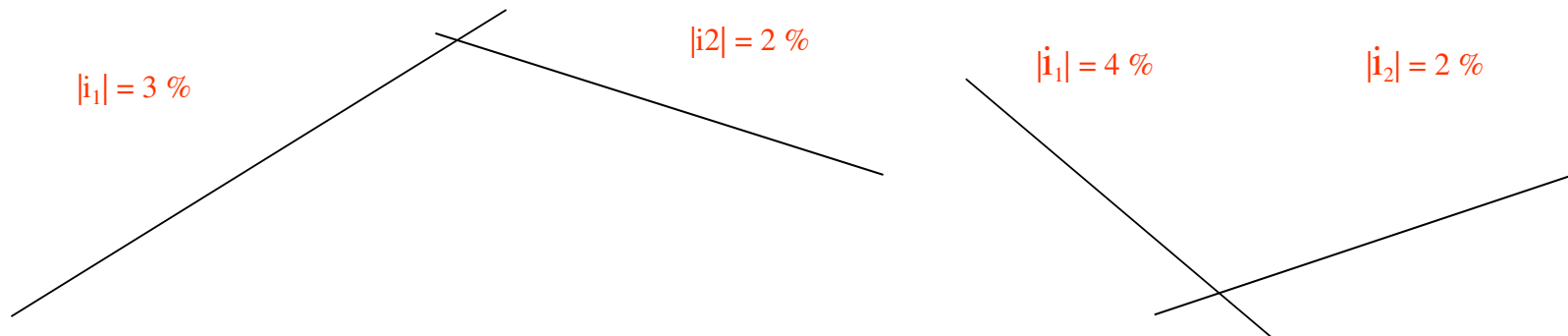
## Esercizio N° 15

Si dimensioni e si tracci due raccordi verticali per una strada di tipo C1, per velocità di progetto di 100 km/h.

Per il tracciamento sono richieste: le coordinate dei punti iniziale e finale rispetto il vertice V delle livellette; la freccia in corrispondenza del vertice; le coordinate cartesiane del punto di sommità del raccordo ed alcuni punti interni rispetto l'origine del raccordo.

Il primo raccordo è un dosso che collega due livellette di pendenza rispettivamente  $|i_1| = 3\%$  e  $|i_2| = 2\%$ .

Il secondo raccordo è una sacca che collega due livellette di pendenza rispettivamente  $|i_1| = 4\%$  e  $|i_2| = 2\%$ .

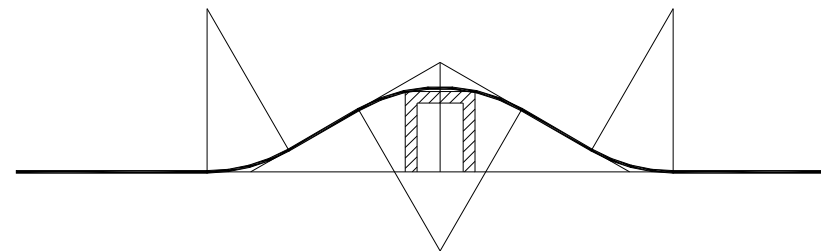
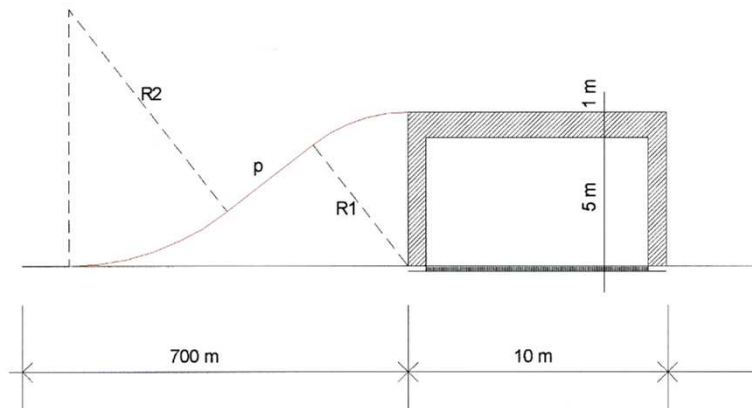




## Esercizio N° 16

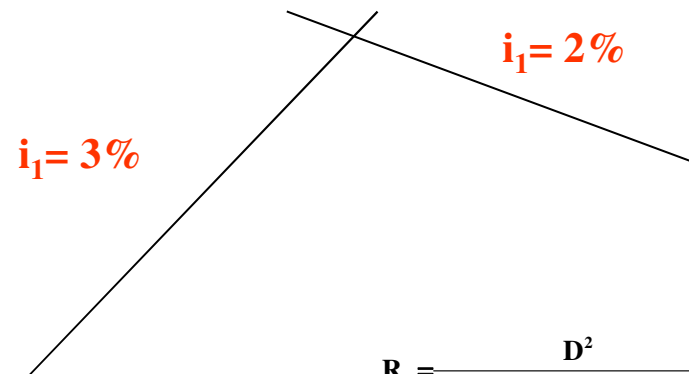
Una strada di tipo C1 interseca a raso una linea ferroviaria a doppio binario, la cui larghezza complessiva (comprensiva di tutti gli elementi) è definita in 10 metri. Si vuole eliminare l'intersezione mediante sfalsamento altimetrico della strada. L'altezza libera tra piano del ferro della ferrovia e intradosso dell'impalcato del ponte sia 5 metri mentre lo spessore complessivo dell'impalcato e della pavimentazione stradale su di esso sia 1 metro. Progettare geometricamente l'asse stradale dell'attraversamento (pendenze longitudinali, raccordi verticali) verificando le visuali libere.

Si supponga che nel tratto interessato dall'intersezione sia la strada che la ferrovia abbiano un tracciato rettilineo con gli assi che si intersecano a  $90^\circ$  e che le curve più prossime all'intersezione si trovino entrambe a 700 metri ed abbiano un raggio di 400 metri.



## Esercizio N° 17

Si dimensioni il raccordo verticale convesso, per le livellette di figura, e si effettui il suo tracciamento per punti. Strada di Tipo “A”, velocità di progetto del tratto 120 km/h



$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})} = \frac{312^2}{2 \cdot (1,1 + 0,1 + 2 \cdot \sqrt{1,1 \cdot 0,1})} = 26121 \cong 27000 \text{ [m]}$$

$$L = R_v \cdot \frac{\Delta i}{100} = 27000 \cdot \frac{5}{100} = 1350 \text{ [m]}$$