

1. INTRODUZIONE AL CORSO
3. DIAGRAMMA DI MOTO - RETTANGOLO - TRAPEZIO
4. DIAGRAMMA DI MARCIA / FLUSSO / DENSITA' / VELOCITA'
5. EQUAZIONE DI STATO DEL DEFLOSSO VEICOLARE / DEFLUSSO LIBERO
6. DIAGRAMMA FONDAMENTALE / MODELLO DI GREENBERG / MODELLO DEL VEICOLO ACCODATO
8. ONDE CINEMATICHE E D'URTO / EQUAZIONE DI CONTINUITA'
9. ONDA D'URTO
11. LIVELLO DI SERVIZIO
13. MASSIMO FLUSSO DI SERVIZIO



→ Capire come individuare i sistemi di trasporto. Una rete di trasporto è nata da una serie di idee (x caso o x politica o x moda). Negli anni '60 è nata la pianificazione dei trasporti.

Procedo quindi in 7 parti:

- 1) Si individua lo stato del sistema (ex. nuovo ponte, si misura il livello di servizi, inventario oggetti presenti e verificare nuovi problemi)
- 2) Def. problema (ex. migliorare sicurezza o problema congestione) e individ. la gravità del problema (ex. tasso di incidenti), passaggio a metodi qualitativi
- 3) Ricerca delle soluzioni (ex. SEVER PROJECT → non fare nulla (previdere su eventi); posizione infrastruttura, TIPO, soluzioni alternative ex tunnel)
- 4) Modelli di simulazione
- 5) Calcolo benefici e costi [COSTE EFFICACIE, senza interventi]  
[obiettivo]
- 6) Scelta in base a obiettivi ed efficacia / Poi si passa a pratiche realizzative  
[Dopo 2 anni si devono verificare misure x capire se intervento ha funzionato]

Ex. HARRINGTON, autostrada e strade si introducono in città oltre ponte con certa insicurezza. Che fare? IP. 1 ponte nuovo e massimo collegamento con A1 oppure migliorare vecchia strada. IP. 3 direttore prima traffico su A1 e - IP. 4 - stacco A1 da vecchia strada e proseguo a monte con nuova strada.

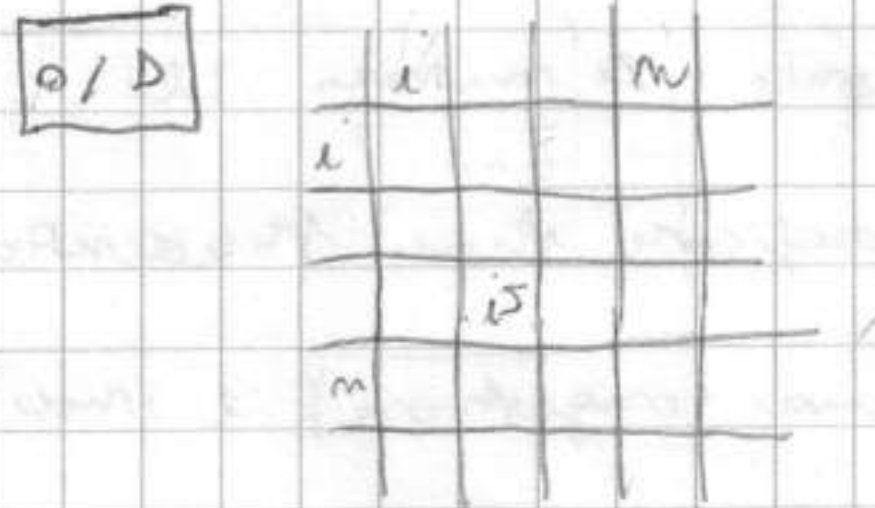
Vengono valutate le alternative in base ad ex. a velocità auto scopo interventi (o non interventi), sicurezza, tempo di percorrenza [minimizza il livello di congestione], coefficiente di insicurezza, costi di costruzione, "resilience di impiego" → interventi nel territorio, ex. encephalitis, flussi predefiniti a 20 anni (interventi), qualità aria  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{O}_3$ , rumore dBA, rischi eventuali, n. di alberi e traffico decongestionato.

Serve un SEMPLIFICATORE di rete, CURVA o DEFUSSO (velocità auto)

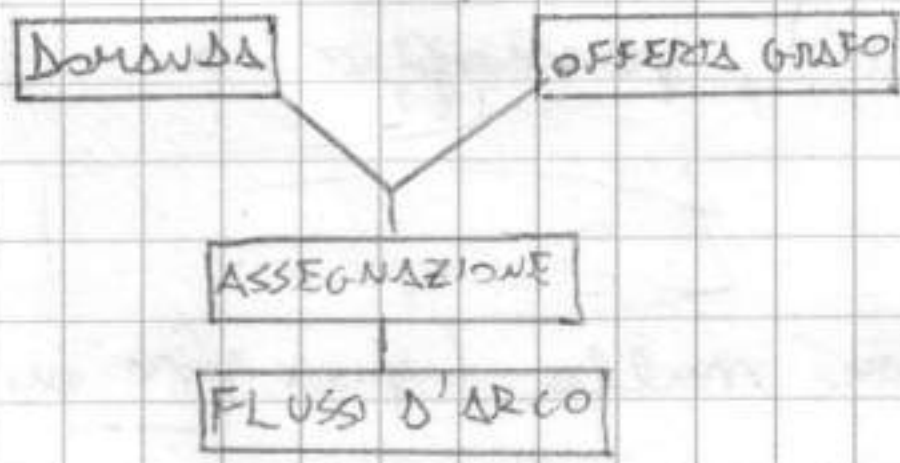


Per capire quale ipotesi migliore si fa classifica e poi graficare i risultati [ex costi / t. percorrenza oppure costi / coeff. incidentalità].

Necessità di effettuare previsioni e introdurre variazioni e non farlo mentre le territorio x essere analizzato va definito in zone e realizzare il GRUPO della offerta di trasporto. La domanda di trasporto [matrice origine / Destinazione]



(flussi di scambio da zona i a zona j + quanto vogliono andare da i a j). Capire x in quale zona (il punto e il centro) quale percorso e migliore.  $\Rightarrow$  costruire l'OFFERTA di TRASPORTO (offerta GRUPO) [matrice x capire il gruppo], si analizzano curve di deflusso x valutare prestazioni



Domanda e offerta messe insieme da ASSEGNAZIONE (come vengono reati i percorsi; l'uscita sono i FLUSSI di ARCO (t. su percorrenza n. / v e inquinamento); vengono percorsi in velocità, tempi, ecc.

Capire il tipo di intervento, chi gestisce e chi vuole

Dispendio [Stefano Gori] 5 capitoli (il 5 è di lettura); nel 2 c'è parte ferroviaria che verrà ristrutturata; alla fine vedi analisi fattibilità

Trasporto pubblica ha dei costi incrementali nell'ora di punta e diminuzione nelle ore "morbide".

Exame: fine 1 periodo lavoro: 3/4 domanda totale; poi 2 periodo + ore

LIVELLI di SERVIZIO, le velocità e q/qc sono internazionali [A, B, ..., F] e definiti in maniera univoca [modelli generali / algoritmi dicono quanto escono entro dal territorio] Poi modello gli

assegnazione (territorio vicino in territorio e zone esterne) con archi in [ex. 2014]

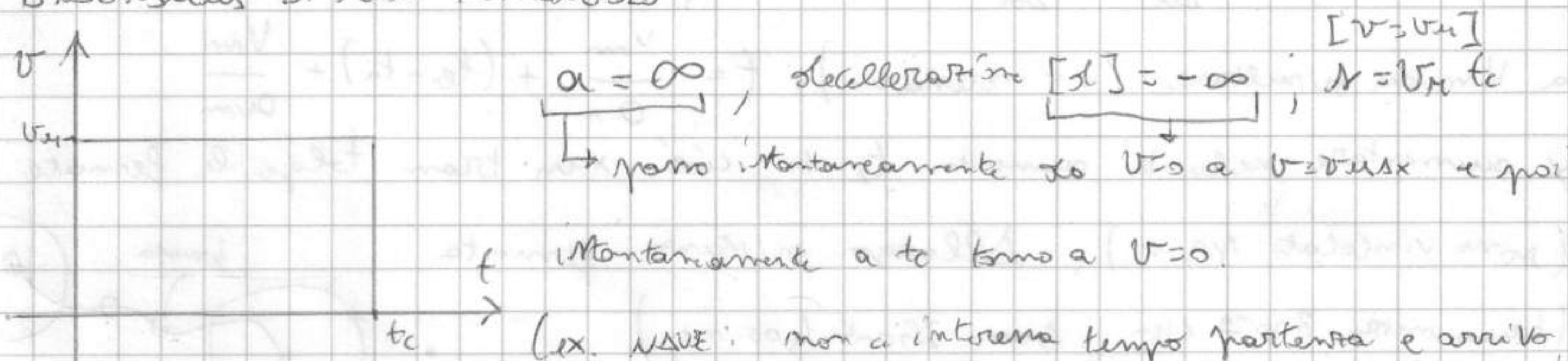
2) manutenzione (congestionamento traffico) e previsione x il futuro e capire quali o/d creano congestione; poi previsione a 20 anni, quindi



analisi benefici/costi ( $\exists$  tam di conto x capire il fenomeno passato rapportato ad offi.).

DIAGRAMMI DI MOTO (capire come funz. grand. che regolano il moto: spazio, tempo, velocità) 7/10/2005

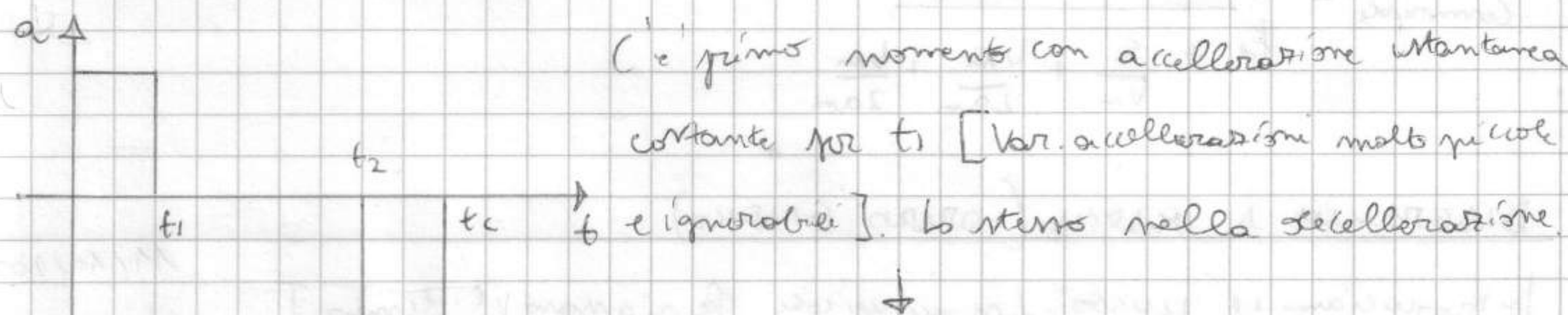
DIAGRAMMI DI MOTO RETTANGOLO



(ex. NAVI: non a intero tempo partenza e arrivo, anche treno). Se  $t$  di accelerazione non trascurabile ne faccio a meno.

$\exists v_c$  [velocità commerciale] =  $\frac{s}{t + t_d}$  tempo di sosta

DIAGRAMMI DI MOTO TRAPEZIO



Velocità aumenta linearmente fino a  $v_m$ , costante poi linearmente a 0.

$a = \text{cost.}$ ;  $s = \text{cost.}$ ;  $v = at$ ;  $s = \frac{1}{2} \frac{v^2}{a}$

Ex. treni: train; accelerazione niente

delle  $v$  basse; (e' acc. e dec.  $1 \text{ m/s}^2$ )

(x confort e sicurezza)  $\rightarrow$  fare lunga  $\frac{1}{2} \frac{v^2}{a}$  e

da 0 a 50 km/h servono 100 mt; poi 200 mt a 50 km/h e poi decellera come prima. Anzitutto

è lineare.  $\rightarrow$  a metà percorso  $v_{0.5}$  a 25 km/h,

nell'altra a 50 km/h  $\Rightarrow v_m \approx 37.5 \text{ km/h}$ ; (e' poi

tempo di sosta  $\Rightarrow v_m$  vera minore ( $\approx 28 \text{ km/h}$ )



Nella FASE di ACCELERAZIONE  $a = \text{cost}$ ,  $v = at$ ,  $s = \frac{v^2}{2a}$ ; poi c'è tratto a  $v$  costante con  $a = 0$ ,  $v = v_m$ ,  $s = v_m(t_2 - t_1)$ ; decelerazione e' regolare a pari di accelerazione.

Cura all'ode a fine del moto?

$$\text{Spazio percorso} = \frac{v^2}{2a} + \frac{v^2}{2a} + v_m(t_2 - t_1)$$

La Velocità simultanea (o + necessario):  $t = \frac{v_m}{a_m} + (t_2 - t_1) + \frac{v_m}{a_m}$

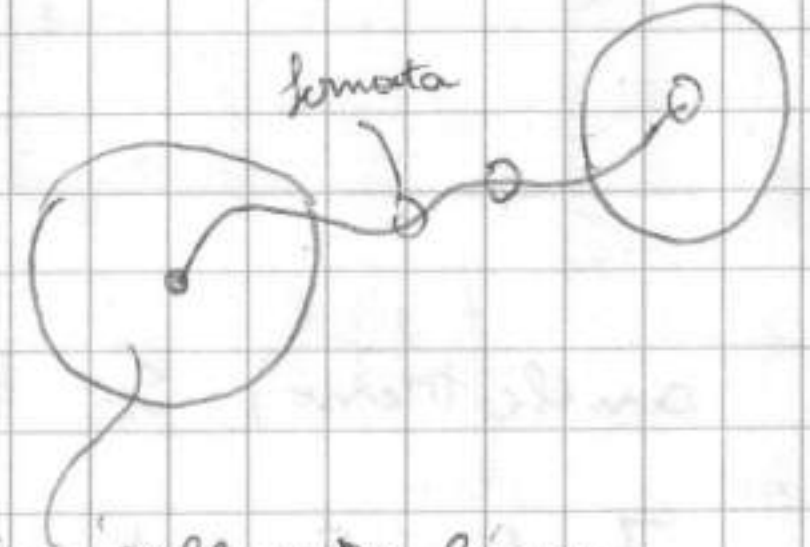
x aumentare velocità aumenta  $t_2 - t_1$ , cioè x in tram tolgo le fermate

(nono vincolato per a). Allarga distanza fermata

(tratto mezzo  $800 \pm 100$  m, bus  $250 \pm 400$  m)

Importante accelerabilità personale (forte influenza

linea, di v. mezzo e distanza)



forte influenza linea  
200 ± 400 m

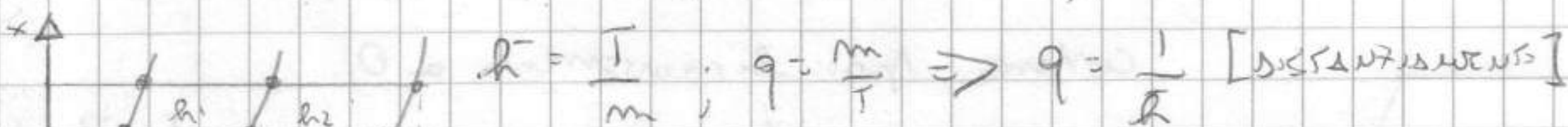
$$\text{Velocità Comunque} = \frac{s_c}{t_d + \frac{s_c}{v_m} + \frac{v_m}{2a_m} + \frac{v_m}{2a_m}}$$

## DISPERSIONE DI MARCIA (GRUPPO GRAFICO)

11/10/2005

Introduciamo il DUSO: n dei veicoli che passano il tempo T

Preso un osservatore nel diagramma,  $\sum h_i \approx T$ ;  $\sum h_i / T = \bar{h}$  tra veicoli =  $T/n$

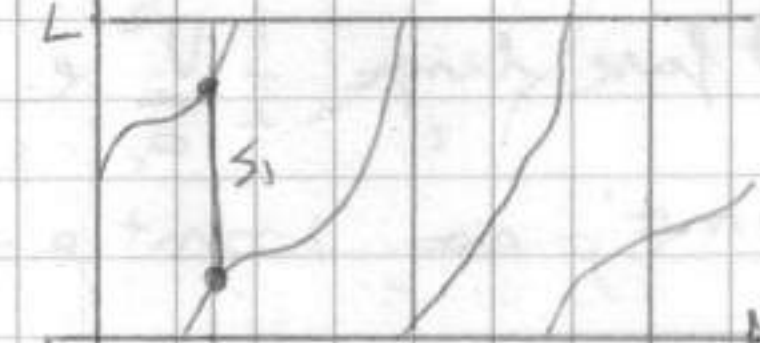


$$\bar{h} = \frac{T}{n}; q = \frac{n}{T} \Rightarrow q = \frac{1}{\bar{h}} \text{ [DISTANZIAMENTI]}$$

Nel diag  $m/t$  temp. la somma dei distanzamenti = T.

$T \rightarrow$  Anche qui n può collocare la di SPAZIALE tra veicoli.

$$\sum s_i = L; \bar{s} = \frac{1}{n} \sum s_i$$



La DENSITA' e' n. di veicoli nell'unita' di spazio.

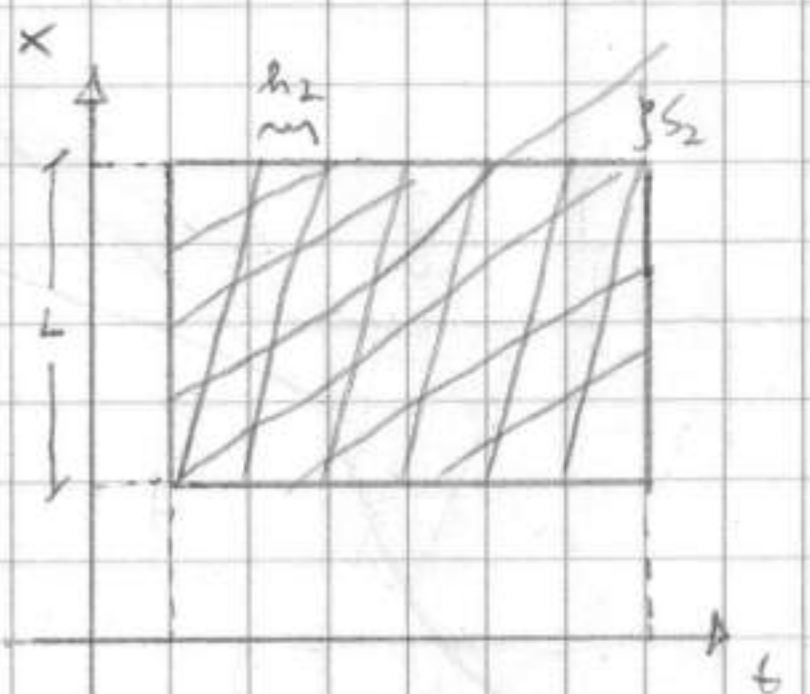
$$h = \frac{[m]}{[L]} \rightarrow \frac{1}{h} = \bar{s} \text{ tra veicoli}$$

VELOCITA' (v), L e tratto di

strada, T e' t. di riferimento numero

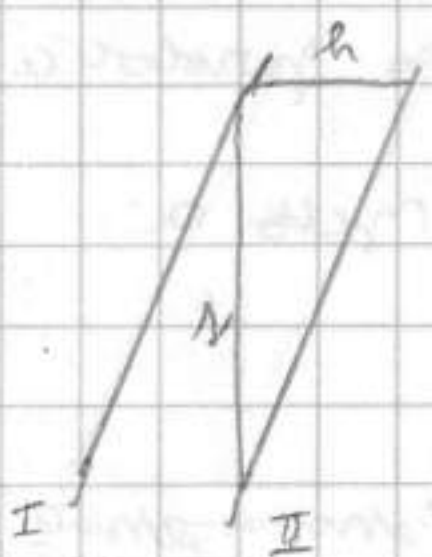
e prende 2 tipi di veicoli: DENTRO

(di piccoli) e VELOCITA' (di grossi)



④





Singola famiglia è caratterizzata da distanzamento  $h$ ,  $h$   
 $\frac{s}{h} = V$  dove  $s = \frac{1}{h}$  e  $h = \frac{1}{q}$ , quindi  $V = \frac{q_i}{h_i}$   $q_1 = h_1 V$

Per l'altra famiglia  $q_2 = h_2 V_2$  semplicemente.

Ci sono 2 tipi di veicoli con loro velocità. Quanto è il  $\phi$  Totale?

$Q_T = \sum_i q_i$ ; possiamo la densità totale di veicoli:  $h = \sum_i h_i$  Per  $V$ ?

( $V$  si sommano solo negli incidenti)

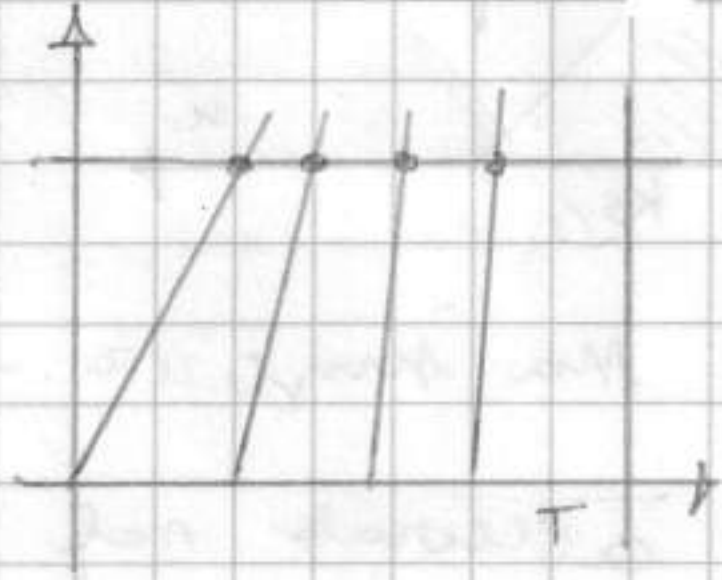
$\downarrow \sum q_i = \sum h_i V_i$  e  $q = h \sum \frac{h_i}{h} V_i \rightarrow$  MEDIA  $V$  PESATE CON LE DENSITÀ  
 $\downarrow$   $\frac{h_i}{h}$  quota %  $\rightarrow V_s$ : VELOCITÀ RISPETTO ALLO SPAZIO  
 $\rightarrow$   $\sum$  di foto dell'alta

$q = h V_s$  [FLUSSO = DENSITÀ  $\cdot$  V. MEDIA RISPETTO ALLO SPAZIO]

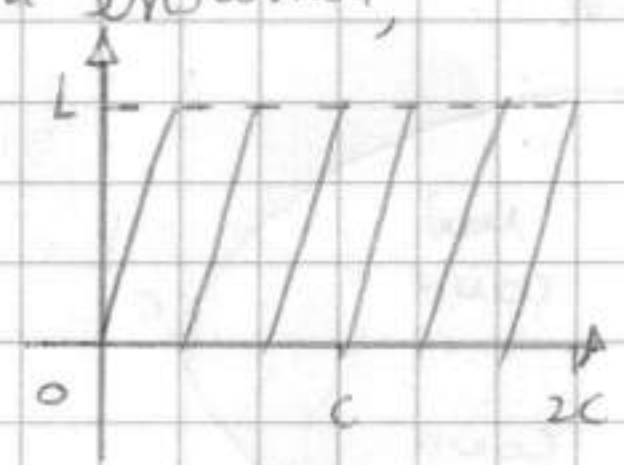
La  $V$  RISP. AL TEMPO si vede aspettando che passano veicoli; ed è + grande di  $V_r$ .

$[V_r \leq V_t]$ ; sono uguali se non ci sono var. di velocità.

$V_t = V_r + \frac{\sigma^2}{V_r} \rightarrow$  COEFF. di VARIATIONE



Sommando  $h$  ha  $T$  a meno dei valori estremi;  
 Punto "cricca" ponendo in  
 vista affianco all'altro.



14/10/2005

$q = hV$ : EQUAZIONE DI STATO DEL DEFUSSO VEICOLARE

$V$  deve essere una  $V$  media ( $V_r$  nello spazio;  $V_t$  nel tempo: si misurano le velocità in un certo intervallo di tempo e si fa la media), valore in condizioni stazionarie ( $q, h, V$  costanti in intervallo)

Greenshield ha elaborato il seguente modello:

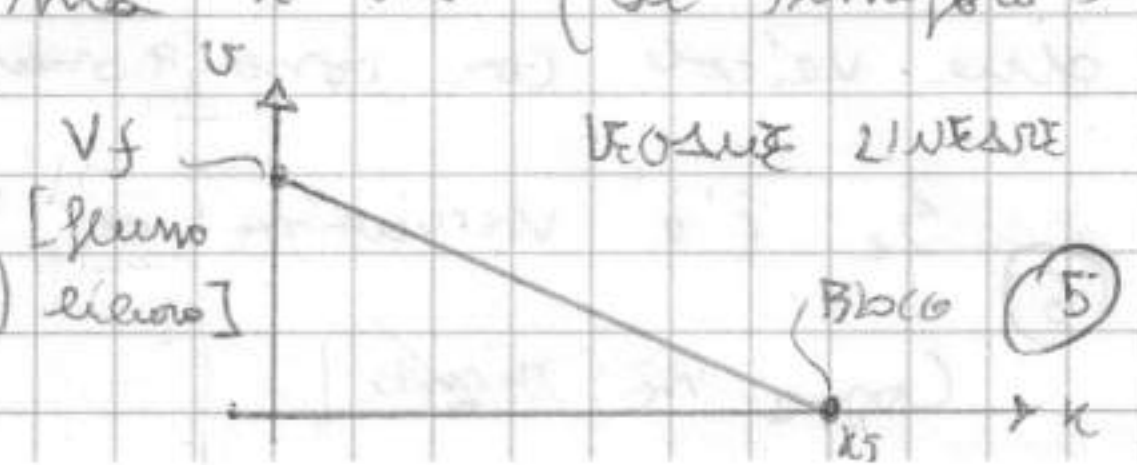
$V = V_f \left( 1 - \frac{h}{h_s} \right)$  FLUSSO MASSIMO:  $V$  infrastruttura ha una caratteristica geometrica determina la  $q_{max} \equiv C$  di veicoli

Il DEFUSSO LIBERO si ha quando c'è un solo veicolo che non deve sorpassare

la sua  $V$  a quella degli altri [ $V$  LIBERO],  $q = h = 0$ .

L'opposto è il BLOCCO,  $q_{max} = 0$ ,  $V = 0$  ma  $h = h_s$  (al massimo in coda c'è al max [1 macchina ogni  $h_s$ ])

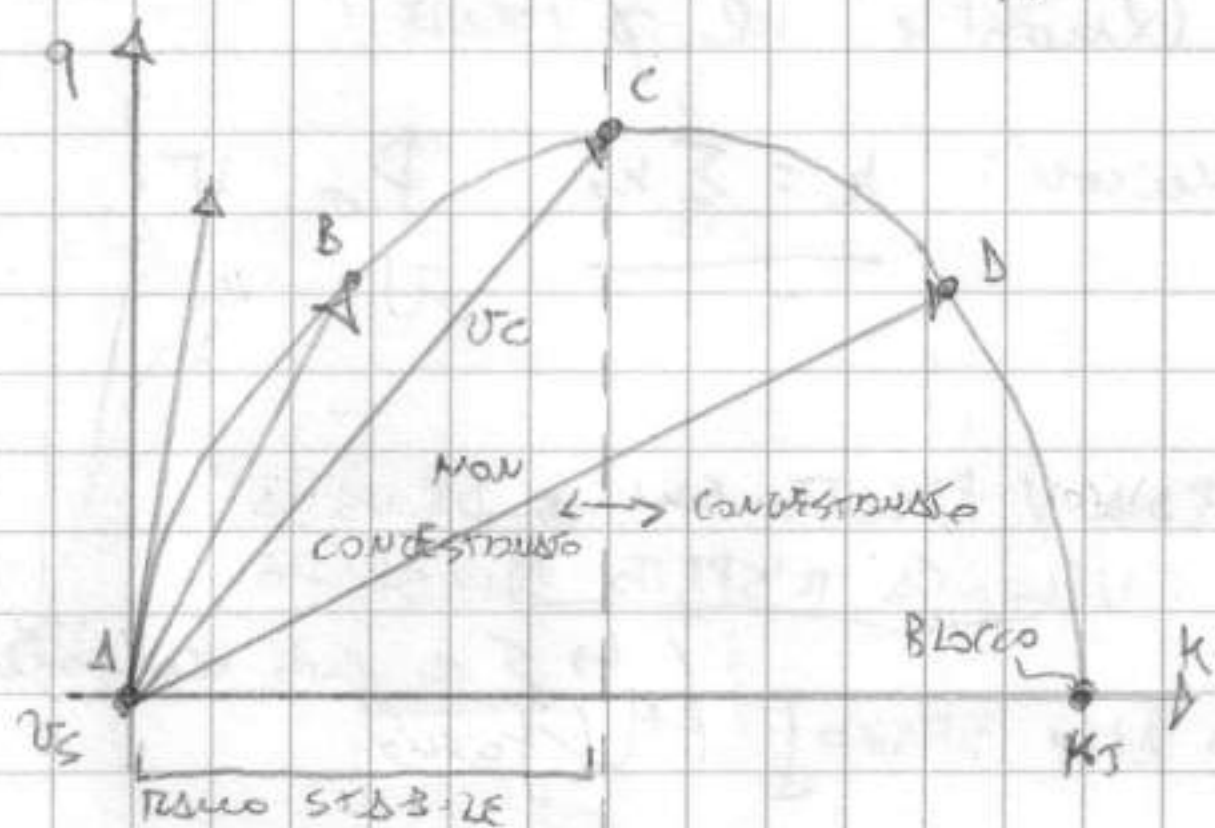
Cerca di ipotizzare l'importanza di sorpasso





Sostituendo  $q = k V_f \left(1 - \frac{k}{k_s}\right) \Rightarrow q = U_f \left(k - \frac{k^2}{k_s}\right) \rightarrow$  c'è dipendenza parabolica del flusso rispetto alla velocità finì.

[Diagramma Fondamentale]

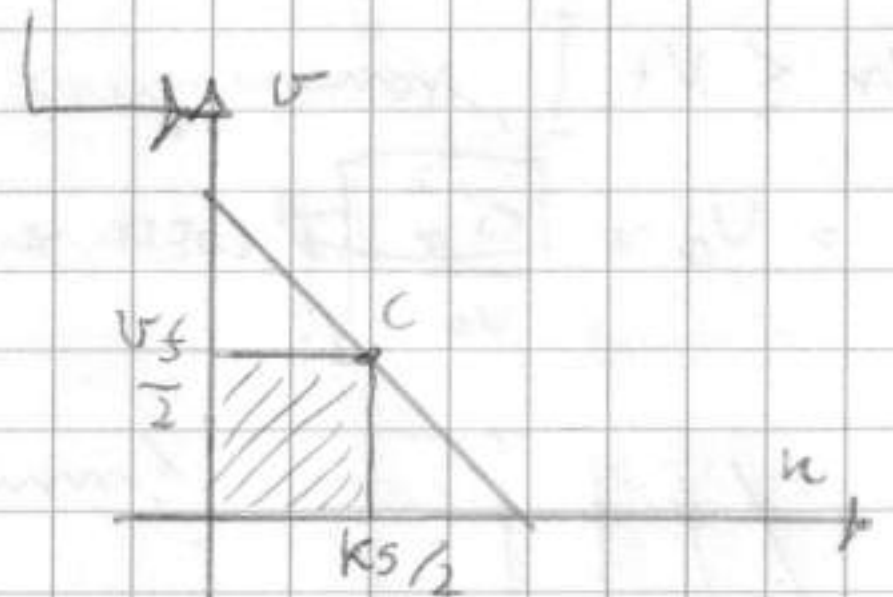


Flusso aumentato e  $q$  diminuisce. Possiamo avere 2 valori di  $k$  che danno stesso flusso.

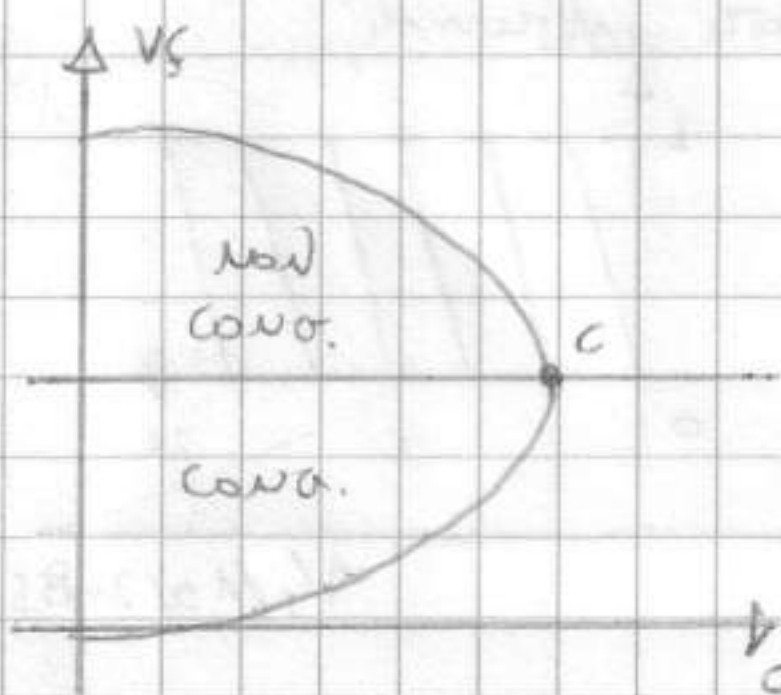
Nel ramo STABILE aumentano i veicoli e ce la fanno a passare, nel ramo INSTABILE c'è il rischio di congestione, veicoli non partiti  $\rightarrow$  ex. fenomeni di stop & go.

Si può calcolare  $V_c$  in corrispondenza della capacità massima!

$$\frac{dq}{dk} = 0 \rightarrow k_M = \frac{k_s}{2}, \quad V_M = \frac{V_f}{2}$$



Stessa relazione tra  $V_c$  e  $q$  è parabolica.



Modello verificato e utile per la MA semplicità  $\rightarrow$  è stato sviluppato un modello + accurato nel caso di flusso vicino alla congestione.

MODELLO DI GREENBERG

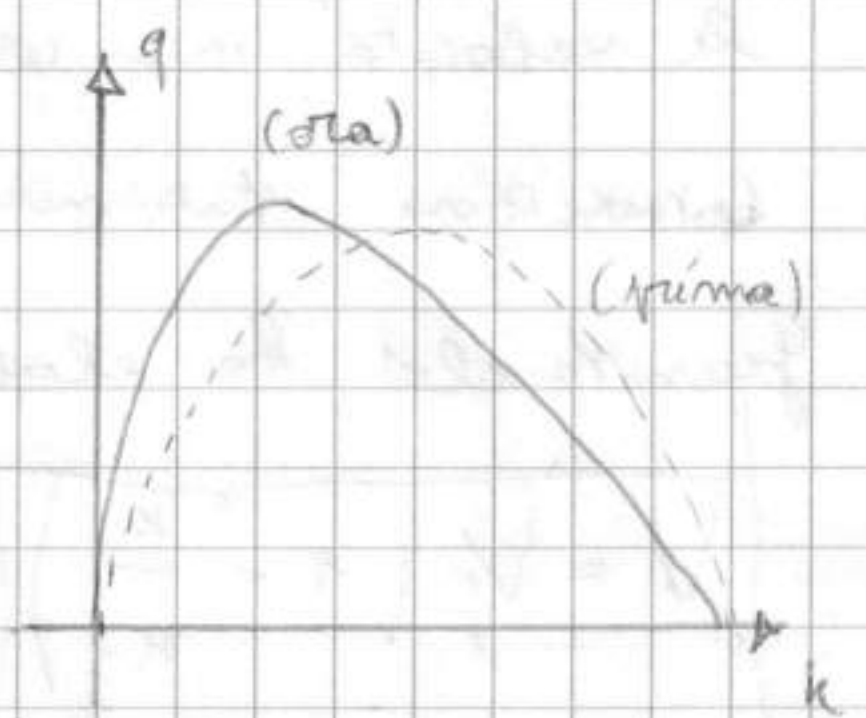
Legame tra  $V_c$  e  $k$  è logaritmico.

$$V = V_m \ln\left(\frac{k_s}{k}\right)$$

$$q = k V_m \ln\left(\frac{k_s}{k}\right)$$

Spazialmente si adatta bene a cond. vicino a congestione, ma per  $k_{min} = k_{max}$  (ex. flusso libero o blocco).

Sostituendo si ha



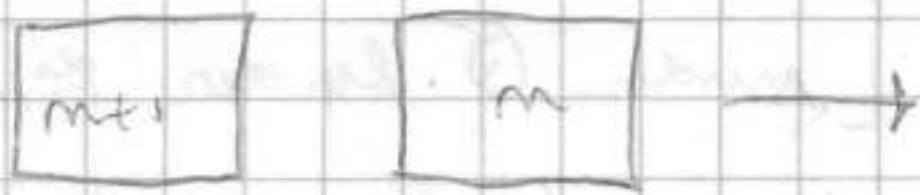
Per un'analisi + dettagliata della congestione si usa il

MODELLO DEL VEICOLO ACCORDATO (abbandoniamo divisione "macro" del flusso)

$V$  è  $V$ -puntuale, significa che i veicoli non si sono quasi fermati. Comportamento di due veicoli con condizionamento del 1° nel 2°.  $V_{s2}$  data da  $V_{s1}$ .

Se c'è variazione di  $V_{s1}$ ,  $V_{s2}$  ne risente.  
(6) Come ne risente?





$$V = \alpha S$$

Quando in portuale il deflusso (stimolo  $S$ ),  
veicolo  $m+1$  reagisce con una  $V$  di sua  
Reattività (sensibilità) " $\alpha$ ".  $S$  e'  $\Delta V$   
tra veicoli.  $[V_m(t) - V_{m+1}(t)] \approx S$

Veicolo che segue varia la velocità (output in tempo di ritardo  $T$ )

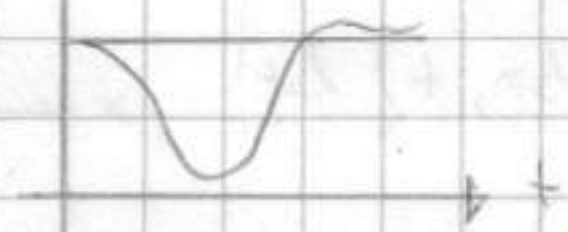
$$\frac{dV_{m+1}(t+T)}{dt} = \alpha [V_m(t) - V_{m+1}(t)]$$

Se  $\alpha$  e' costante si può risolvere <sup>conosciendo  $q$</sup>   
altrimenti non e' EDO  
→ [Con Matematica si torna a  $q = \Delta V$ ]

Cio' che deriva la stabilità dei veicoli e'  $\alpha T [CT]$

Nella Mat. locale vedo effetti tra 2 veicoli; in quella asintotica tra  
tutta la corrente di segue.

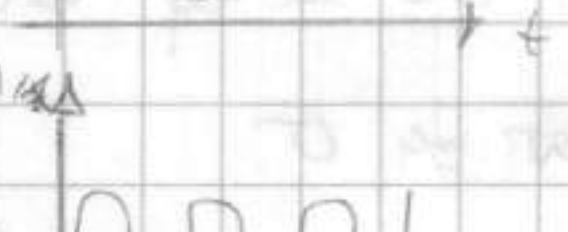
Se  $CT < \frac{1}{\alpha}$  (Stabilità [risposta a cons. INIZIALE] non smorzata)



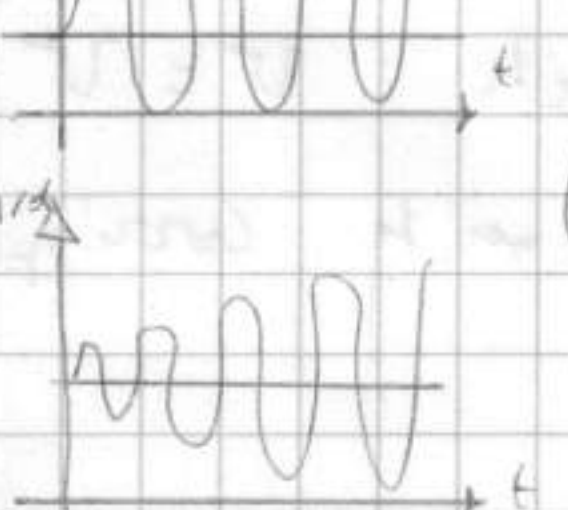
Se  $\frac{1}{\alpha} < CT < \frac{2}{\alpha}$  (oscillazioni smorzate)



Se  $CT = \frac{2}{\alpha}$  (oscillazioni smorzate)



Se  $CT > \frac{2}{\alpha}$  (oscillazioni amplificate)



In Matematica asintotica per  $CT$  piccola oscillazione e' + grande nel tempo  
e n' espone nei sequenti; in  $CT = 0,9$  n' ammorza ma e' + ampia; n' e' >

Con veicoli oltre  $m+1$  aumenta oscillazione.

Nel ramo instabile c'è rischio di incidente; " $\alpha$ " dipende anche tra  
 $V$  e distanziamento tra veicoli,  $\alpha \propto K$ . Se  $K$  aumenta, aumenta  $\alpha$   
e quindi si m' sposta verso intervalli congestionati, instabili.

(SENSIBILI)

$$\frac{dV_{m+1}(t+T)}{dt} = [V_m(t) - V_{m+1}(t)] \cdot \frac{d_0 \cdot V_m(t)}{X_m(t) - X_{m+1}(t)}$$

→  $\Delta \text{ALPHA}$   
→ DISTANZIAMENTO



$V_m(t) = \dot{x}$ ; quindi integrando l'equazione [modo ① la der di ①]  
 si ricondurranno, assumendo ① come variabile, ed eliminando il primo termine  
 una velocità, a  $V = \Delta_0 \log [X_m(t) - X_{m-1}(t)] + C_0$

$$\boxed{V = \Delta_0 \ln \left( \frac{1}{h} \right)} \xrightarrow{t \rightarrow \infty} \text{MODELLO DI GREENSBERG}$$

(combinando ad equazioni di tipo "macro").  
 poiché qui siamo in cond. stazionarie

ONDE CIRCULATORIE E ONDE D'URTO

20/10/2005

Si abbandona stazionarietà.

EQUAZIONE DI CONTINUITÀ: principio di conser. massa a fronte infrastrutture

lungo  $\Delta x$ . Il n. di veicoli in  $\Delta t$  è costante  $\rightarrow$

$\frac{\partial q}{\partial t}$  lungo  $\Delta x$  è = a  $\Delta$  veicoli usati - entrati in  $\Delta t$ .

$$h(x, t + \Delta t) \Delta x - h(x, t) \Delta x = q(x, t) \Delta t - q(x + \Delta x, t) \Delta t$$

$$\frac{h(x, t + \Delta t) - h(x, t)}{\Delta t} = - \frac{q(x + \Delta x, t) - q(x, t)}{\Delta x}$$

$$\boxed{\frac{\partial h(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial q(x, t)}{\partial x} = 0}$$

Supponiamo che le eq. valgano localmente  
 x costante var. di t.

$$q(x, t) = h(x, t) \cdot v(x, t), \text{ legame tra } v \text{ e } h : v = v[h(x, t)] \Rightarrow$$

①  $q(x, t) = q[h(x, t)]$ : a variazioni puntuali di h corrispondono, nello  
 stesso istante, variazioni di velocità e flusso.

Dal una certa var di h c'è conseguentemente ISTANTANEO di v e q (vale x costante  
 variazioni di x e t). Applicando ① in eq. cont. si ottiene:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q[h(x, t)]}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial h} \cdot \frac{\partial h(x, t)}{\partial x} = 0$$

$\frac{\partial q}{\partial h}$  localmente COSTANTE  $\rightarrow$  VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELL'ONDA CIRCULATORIA

$$\boxed{h = h(x - wt)}$$

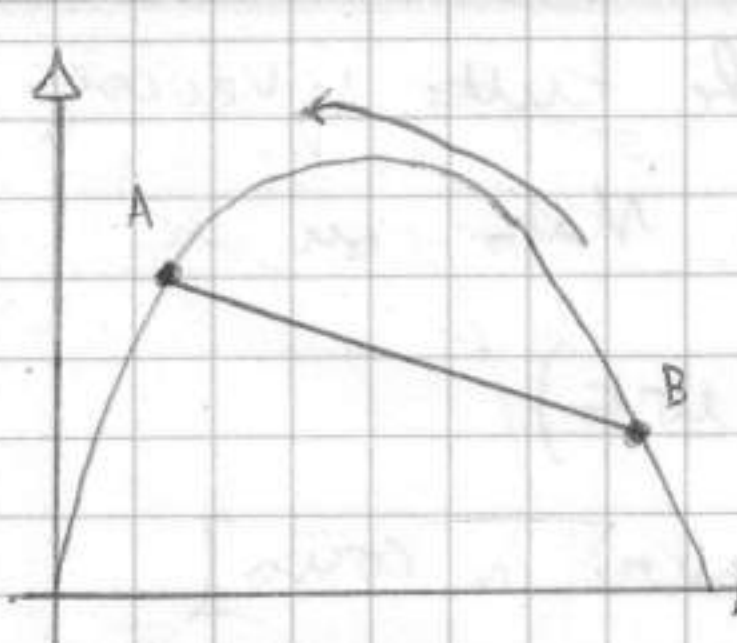
la sentita (una volta fissato w) è funzione di x

e wt  $\rightarrow$  legame tra h e grandezza di stato. Se si conr  $x = wt \rightarrow h = \text{cost.}$

3. Bruchi variazioni delle grandezze. (ex. incidente)  $\rightarrow$  imbricci di

④ onde circolatorie di 2 diversi stati di propagazione





Dopo l'incidente macchine rallentano (B) mentre quelle (A) continuano ad avanzare; quando si incontrano c'è l'urto

$$S_A \rightarrow + S_B *$$

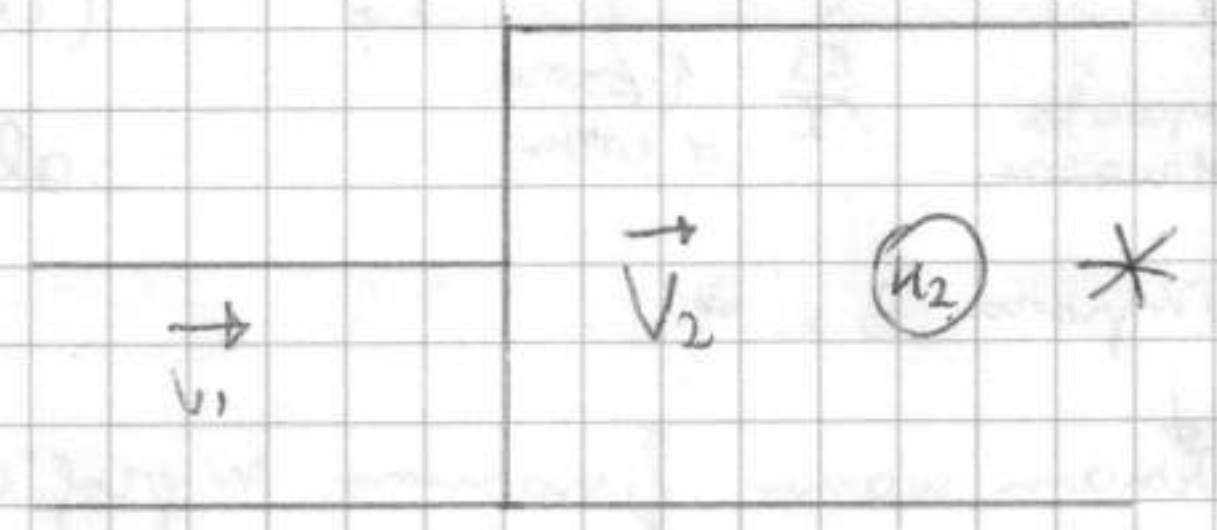
Variazione: ONDA D'URTO: non conv.

tg. curva ma conds SB ( $\frac{\partial q}{\partial h}$  non è h) Si crea fronte d'onda che inverte l'infrastruttura.

N veicoli che in int. di tempo t si trovano in  $h_1$  e che sono invertiti da avanzamento fronte d'onda è costante

$$N = h_1(v_1 - v_w)t = h_2(v_2 - v_w)t$$

$$\rightarrow v_w = \frac{q_2 - q_1}{h_2 - h_1} = \frac{\Delta q}{\Delta h}$$



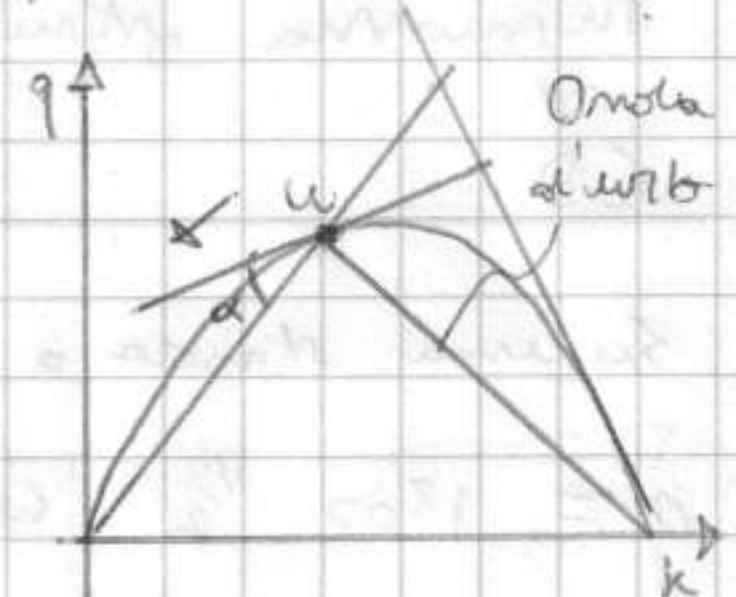
(vedi grafico p. 39-40)

Quando mi trovo in cond. NAT. non ho NESSUNE ONDE

21/10/2005

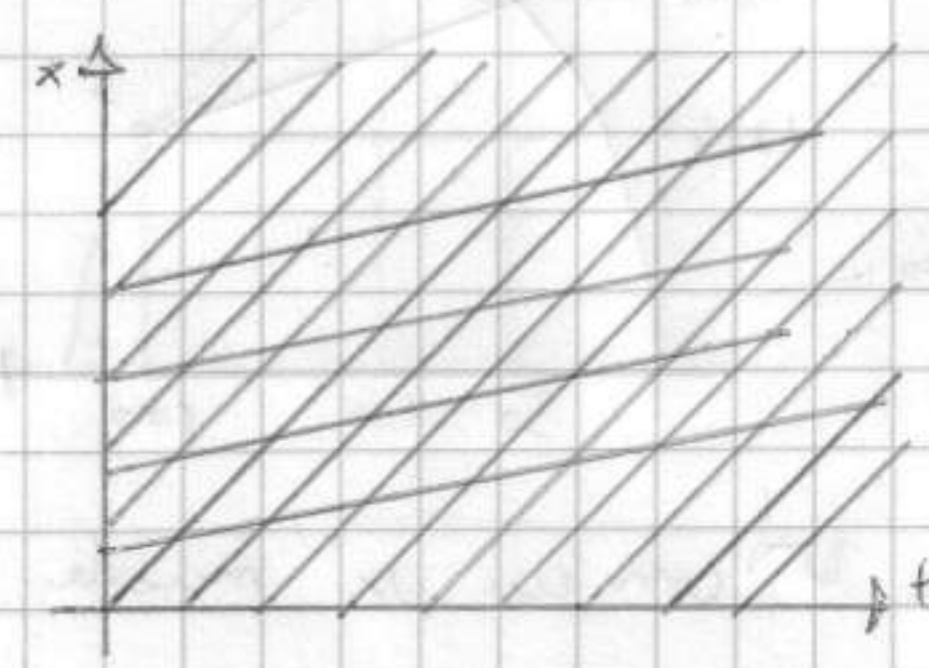
CINEMATICHE (considerazione q, h, v  $\forall$  p.t.  $\in$  infrastruttura) Quando intro-duciamo piccole variazioni è necessario introdurre x, t.

$$W = \frac{\partial q}{\partial h} = 0 \text{ in cond. Naturale}$$



Se ci troviamo in:

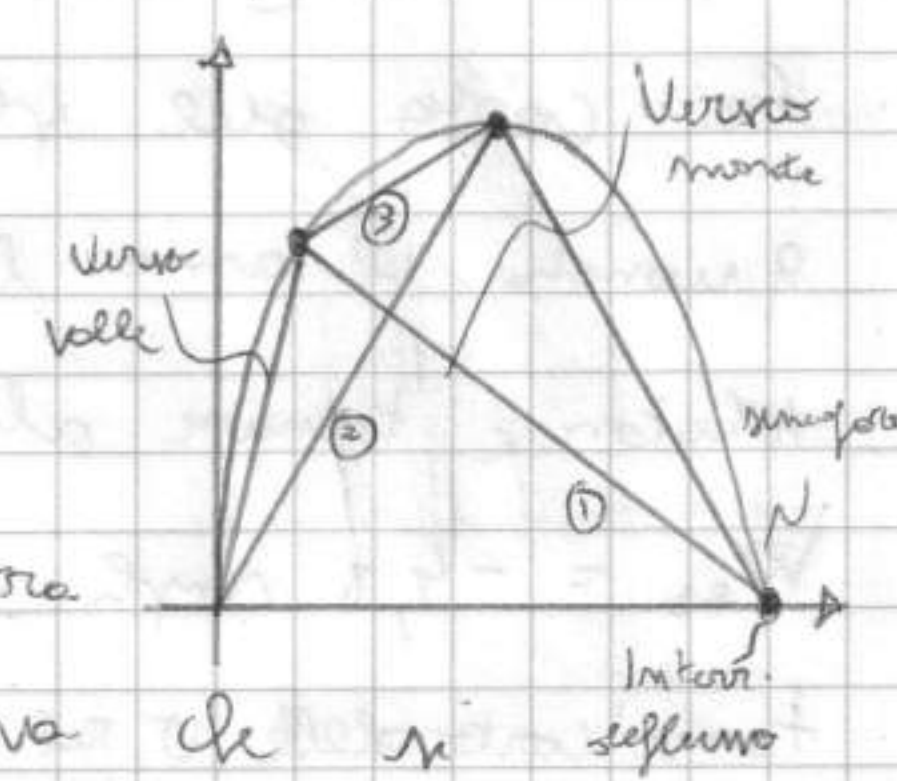
Non mano che  $\rightarrow$  a  $v_f$ ,



le traiettorie assumono stessa inclinazione; se veicolo è isolato, isolamente porta con sé il suo stato si defluisce [in condizione con tona curva]

Nel piano  $q, h$ , invece, onde si propagano verso destra.

Ex: un'auto  $\rightarrow$  defluisce verso monte. Sorge onda d'urto che si propaga verso monte che verso valle. ① Con sottomano cercando si crea un'altra

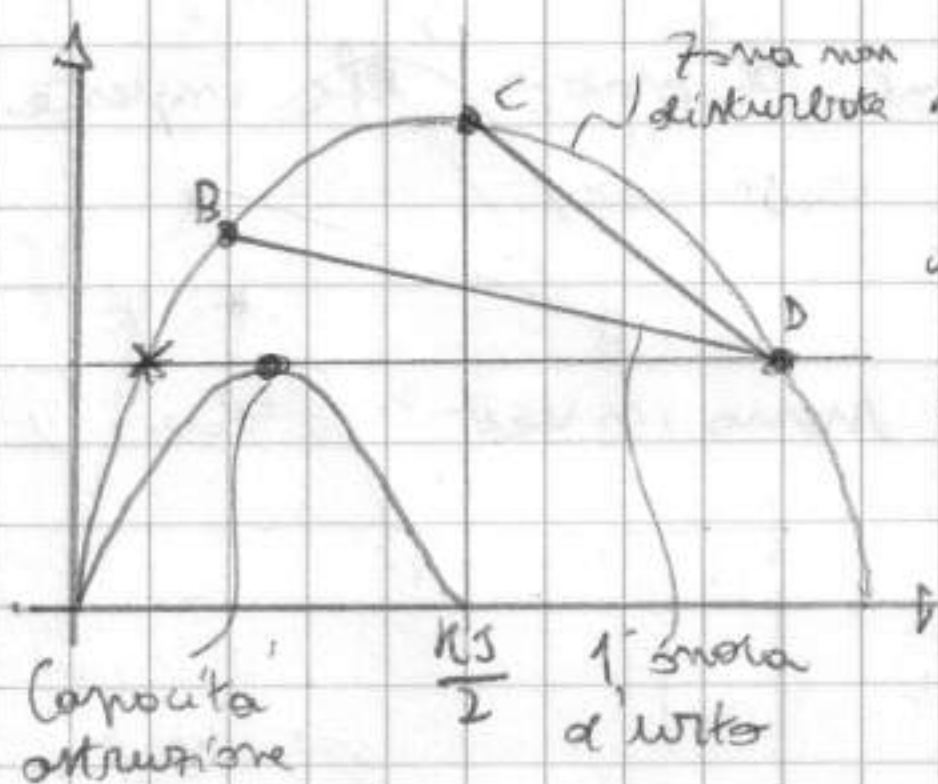


onda d'urto (dei veicoli accorati). C'è onda nuova che si propaga verso monte con inclinazione maggiore  $\Rightarrow$  costa è più alta. Sistema lavora a massima capacità a curva dell'elenco di domanda x la costa.



Quando a monte si incontrano le snole vuol dire che tutti i veicoli non statti moltiti. Dopo l'ultimo veicolo si compone statti su defluvio non disturbato. ③ (comparso di 5 snole d'urto)

Se viene diminuita la capacità di multiment [ex. lavoro in corso]



Aggiungo un'ala di defluvio lungo l'attrazione. In II la

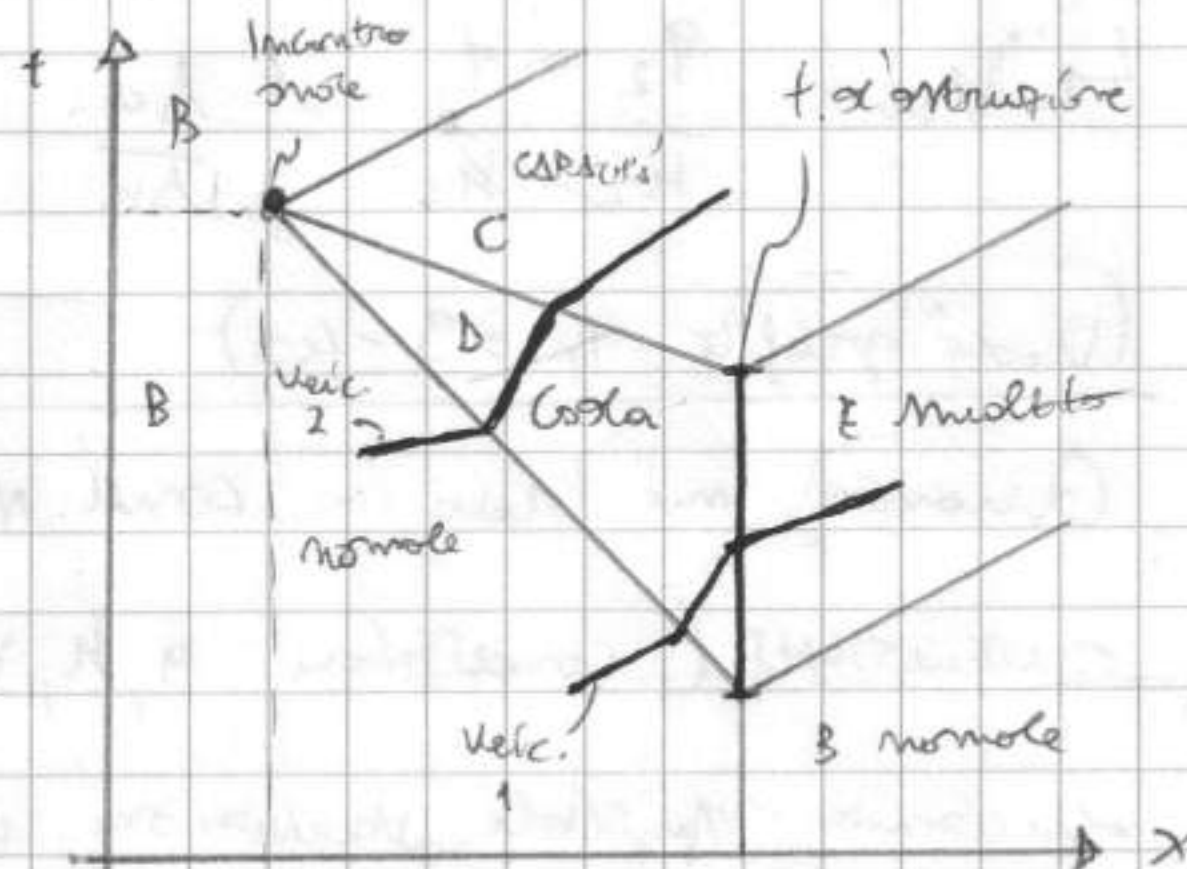
$k = k_j / 2$ , in \* sono i veicoli sono l'attrazione (collo di bottiglia) Poi accelerano (con  $V >$  alla precedente). (comparso snole d'urto che



spara B e \*

Analizziamo fenomeno in profilo  $t, x$

Iniziale  $\rightarrow$  comparso BD verso monte  $\rightarrow$  snola verso valle B\*. Dopo  $t$  e si riforma attrazione (e' analogo via libera



CD

27/10/05

Su una strada a 2 corsie (1x1km) si è in

$$q = 1800 \frac{\text{ve}}{\text{h}} \text{ che si muove a } V = 36 \text{ mph [B]}$$

Un camion entra nella cors. laterale e si muove a 7,2 mph percorrendo un tratto lungo 1,8 miglia

Non potendosi separare si forma plotone con

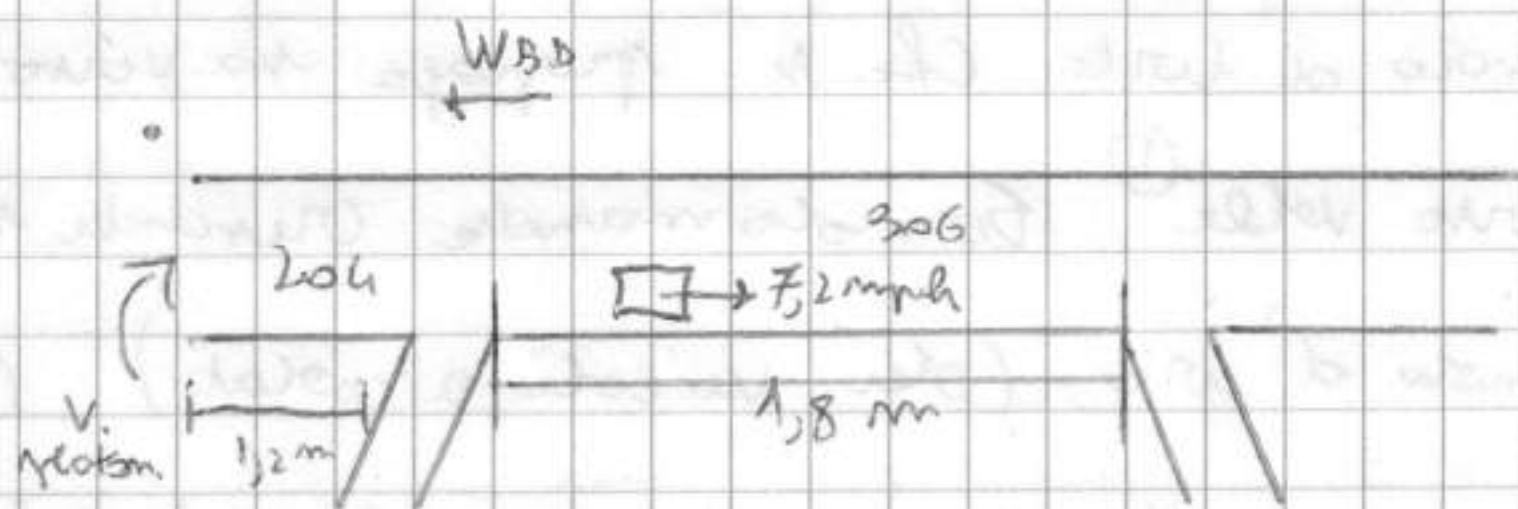
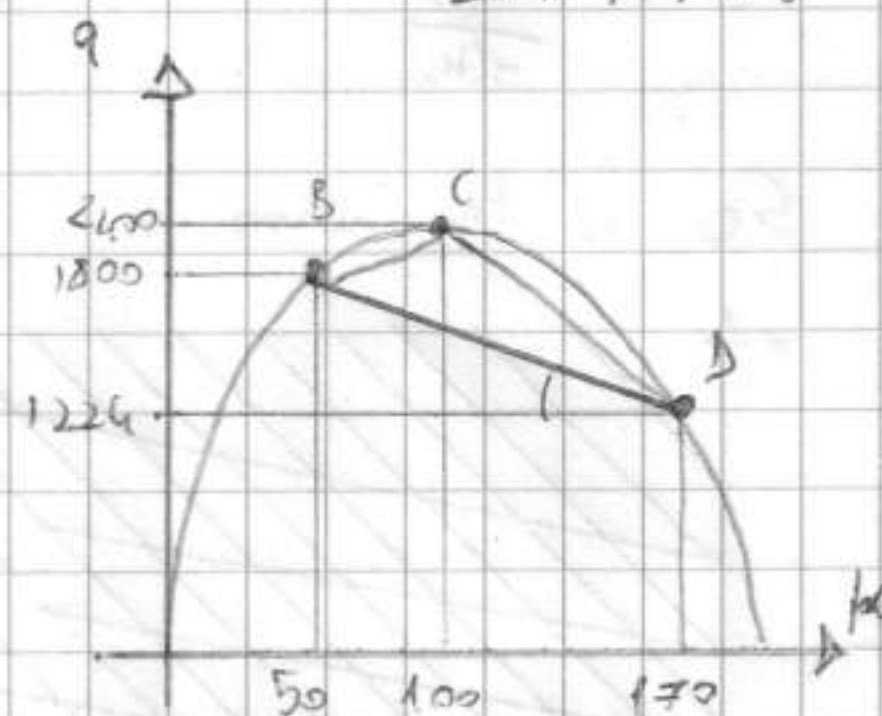
$k = 170 \text{ v/mph [D]} \rightarrow q = 1224 \text{ v/h}$ . Determinare la  $V$  con cui si muove da coda del plotone verso monte e il num. di veicoli del plotone quando il camion lascia la strada e il t. necessario a si muovere il plotone e tornare alle c.i.

$$W_{BD} = -9,8 \text{ mph. Si detta}$$

terra conto delle  $V$  rel. che camion (mag si muove e non e fermo  $\Rightarrow$

$$V_{\text{coda}} = |W_{BD}| + |V_c| = 12 [7,2 + (-9,8)] \text{ mph. ①. Quando esce: } V \text{ della coda}$$

$$\textcircled{10} \bullet t \text{ del camion} = 3 \text{ min. ; } W_{BD} / 16 \text{ min} = 1,2 \text{ mph (a monte staz. ingressa).}$$





$m.v = 810 \left[ \frac{1}{17+15 \text{ min}} \right]$ ; si può anche corr.  $W_{80}/15 = 1,2 \text{ mph}$ ;  $Q_B = (V_B - W_{80}) \cdot$   
 $K_B = \frac{1}{4} = 510 \text{ V}$ . C'è l'elenco di  $-1800 + 510$  veicoli che erano in B e si sommano  
 del camion [60]. Questo valore di rinvio 50 m ottiene di nuovo 1,2 miglia  
 Ragionamento analogo x veicoli in Mats D.  $510 - 306 = 204$  veicoli che si sommano  
 di D può non essendo passati in MT.  $204/170 = 1,2 \text{ mph}$ . Quando esce  
 camion ha 204 in 1,2 e 306 in 1,8. Quando il camion esce in guerra  
 2' onda di urto DC verso monte con una  $V >$  di prima. Costa n'è sciolta  
 che latta abbandonare Mats congestionata; nel frattempo  $V_{DC}$  [non  
 avendo  $\alpha$ ] impiega certo t x incontrare la prima (altri veicoli in coda).  
 Spazi percorsi da entrambi sono gli stessi:  $16,8 \text{ ft} = 3 + 4,8 \text{ ft} + t = 15 \text{ min}$   
 Onde si incontrano dopo ulteriori 1,2 miglia a monte inizio Costa. Dopo  
 19 min nei 4,2 miglia tutti sono in C  $\rightarrow$  non si forma + nessuna  
 coda. Per ripristinare Mats B si impiega 21 min. [onda che va a 12 mph/h]

### [2.3.3.] IL LIVELLO DI SERVIZIO

3/11/05

[Greenberg sta problemi con U libera ma li non ci sono problemi]

A è molto buono, E è nella categoria max (qualche variazione  
 porta a zona congestionata). Definiti 6 LOS.

A: una vettura segue l'altra dopo 6/8 m.

Strumenti che consente di avere le caratteristiche della strada, si vede  
 la qualità strada. Se stesso progettore strada si sceglie livello  
 [negli USA, Italia e congettura] C e D.

- C quando corr. parametro di sicurezza. (EXTRASUBS)

- D: URBANS

Si conosce t e V. In extra,  $t_e > t_u$  e  $V_e > V_u \Rightarrow C$ . V. corrente  
 per urto in una D.

Quantitativamente, U cambiano solo poco.

L' Highway Capacity Manual ha introdotto il LOS x tutte le strade  
 (anche su autostrade, intersezioni, strade pedonali, biciclette,  
 mezzi pubblici, range inumidimento ed emissione stambi tra autostrade.) (11)



In tutto il mondo c'è infrastruttura in valuta L.S.

[vedi p. 70]

1) CARATTERISTICHE PLASOTIMETRICHE

2) // DEI FLUSSI

Una strada a 2 corsie ( $1 \times 11.5m$ ) dove non si sorpassa [N.P.7] la capacità è ristretta. Se m.p.7 [no passing zone] è risolto in entrambi i.

Capacità complessiva  $\rightarrow$  PER CORSIA  $\neq$  2800  $\frac{Veicoli}{h}$  nell'ora di punta.

In strada a 4 corsie si aveva 2000/2300, prima (1964) ora 1800, ora strade e macchine sono migliorate.

Differenza tra strade in Pianura (2) collina e montagna.

Ci sono  $\leftrightarrow$  tipi di veicoli in strada

[è rimasta costante la proporzione al tempo]

Si deve tener conto lo spazio tra fine strada e macchina (posto d'attesa), sta 0 a 18cm, riguarda C.

lunghezza corsia sta 3,7h a 2,50. In genere in strade strette veicoli si dispongono a macchia.

[Si considera "l'autostrada equivalente"]

Definire non è regolare nei passaggi di corsia

[vedi p. 59]

T.G.M. Traffico Giornaliero Medio, in quella certa strada in un certo t ha certo q.

Si usa F su Ginevra (non si usa)

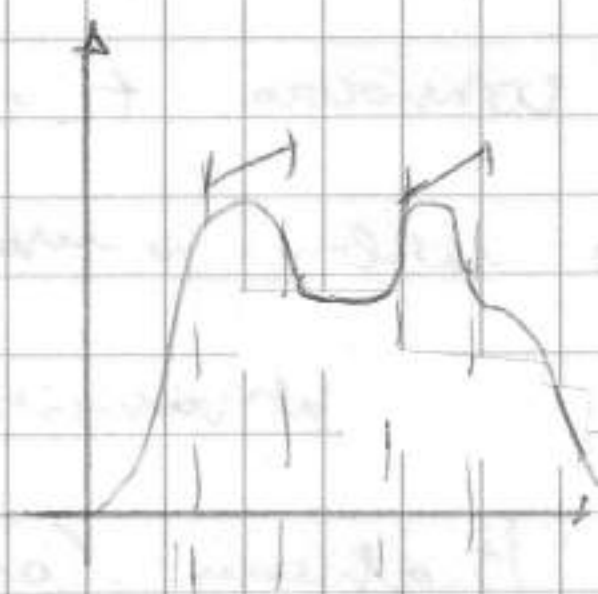
Problema in Estate e in Inverno e nei differenti mesi (ex. traffico merci)

Comportamento a piccole intersezioni. Ci sono ore di mobilità e di punta

Devo avere L.S. o C o D. Quanto resta h.

su punta singola ad alcune h. h.o.p. e  $q \div 10\%$  T.G.M.

(92) Vedi tabella x tipo di strada.






[Vedi n. 65] Studieremo Problema Kingolo Momento.

Puo' essere 2 forme caratterizzate da V di traffico. Stessa come quella che ho ha! Ogni tratto ha un suo LOS.

Parragar Car Per Hour = flusso orario di autoveicoli

 SPES di SCAMBIO, problem creato da TRACCHI di SCAMBIO

Come risolvere in tratti il momento!

- rampa d'ingresso: 500 piedi PRIUS, 2500 ft. dopo
- // d'uscita: 2500 // e 500 //
- area di scambio: 500 // e // + la sua lunghezza

Rimembrato [n. 68] il grafico tratto strada / livello di servizio (Studieremo tratto libero)

Nelle STRADE di SCORRIMENTO e' vietato la fermata

In europea c'è schema a corridoi e STANTE

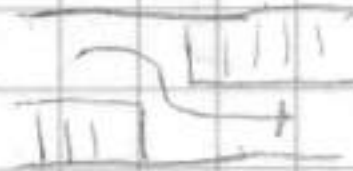
(entri ed usci dalla stessa parte)

(mark) INCIDENTE

 (no mark)

- Obiettivo 0 morti: Controllo regoli, protezione, zone sensibili a 10 m/h

Foris tracciam di parcheggio



6/11/05

Studiamo freeway e strada a due corsie

$A = \frac{q}{c} = 0,35 \dots$  (Vedi grafico) Vedi n. 70 i PCPTDZ

Quale e' velocità? Quante corsie?

Difficile trovare suff. di velocità, invece e' chiaro il flusso [T. 10.3]

Importante e' il MASSIMO FLUSSO di SERVIZIO, prodotto della capacita' x il rapporto volume / capacita' calcolato al livello di servizio.

Voglio max q fissato il LOS.  $M = C_{ASPT} \times \left(\frac{V}{c}\right)^{E_{LVL}}$

Vedi 71.

$f_w$ : strada puo' avere slm. differenti;  $f_{HV}$ : tipologia di traffico  
se est. ex. ci sono dei camion,  $f_p$ : coeff. "comportamentale"

Vedi T. 10.4 e 10.5



$f_{HV}$  → coeff di equivalenza [a quanti AUTOVETURE corrisponde]

vedi T. 10.9 x valore  $f_{HV}$ ; è l'incasso della norma composta dalla percentuale del tipo di veicolo x il coeff. di equivalenza

coeff. equivalenza calcolati + sopp. natamente [T. 10.7]

[ex. n. 75]  $shortsuction$  = franco laterale;  $Recreational vehicles$  = camper; 3 potent up grade = pendenza del 3%. [N = numero corsie]

[ex. n. 76] Quante corsie della p. x avere un servizio B

[rolling = terreno collinare]

Strada a 2 corsie [n. 79]

[T. 20]  $f_D$ : coeff di DIRECTIONALITA' (in flanco e bilanciato o no) [T. 10.19]

Valore quasi tutto x strade a 2 corsie. Importante per. di sorpasso.

$f_W$ : T. 21

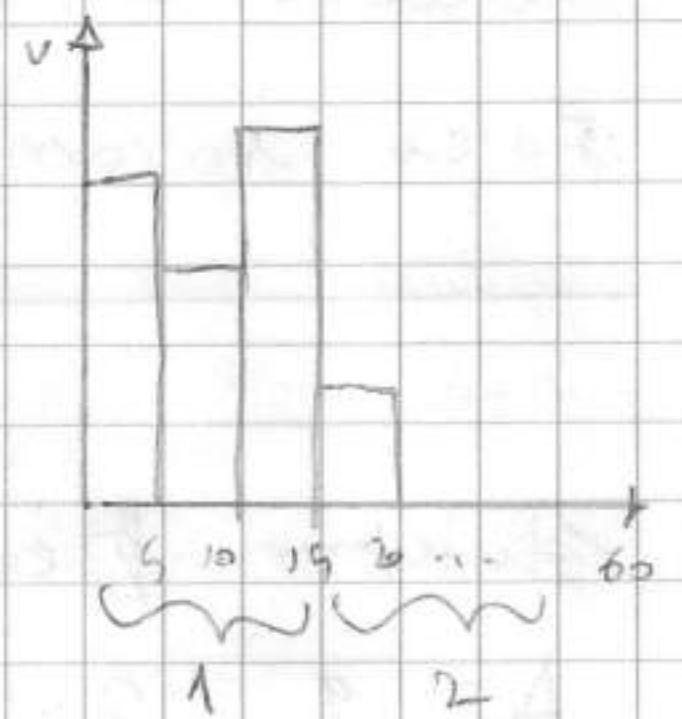
[ex. n. 8]

PHF: Per Hour Factor, fattore dell'ora di punta

TOT viene fuori da media per ora poi si vede la quota dell'ora di punta [noi prestiamo SERVIZI]

$$PHF = \frac{V_{hour\ n.}}{V_{9min\ n.} \times 4}$$

Si contano valori e n. corsie il + grande



FINE 1° PERIODO (11/11/05)



15. ANALISI DI FATTIBILITA' DI UN' INFRASTRUTTURA / SISTEMA DI TRASPORTO
16. PIANIFICAZIONE / MONITORAGGIO / PASTRICE O-D
17. GRAFO / CENTRALE / ARCHI FISSI
18. FUNZIONE DI COSTO
20. REGRESSIONE LINEARE
21. METODO DEI MINIMI QUADRATI
22. CALIBRAZIONE
23. DEFLUSSO NELL'AMBITO DEL TRASPORTO PUBBLICO - FERROVIE  
(ripetuto + altro)



Valutiamo i tipi di interventi da realizzare.  $\rightarrow$  infrastruttura (ex.

strada o ferrovia.) e' un termine ampio. Anche realizzazione puntuale

(ex. intersezione). Possiamo avere  $\langle \rangle$  tipi di interventi. Anche di tipo

gestionale (ex. regolazione semaforo intersezione).

la valutazione e' quantitativa  $\rightarrow$  modelli matematici.

SISTEMI DI TRASPORTO: Componenti di 2 grandi sottosistemi:

- 1) DOMANDA TRASPORTO
  - 2) OFFERTA
- $\uparrow \downarrow$  //  $\left. \right\}$  si influenzano reciprocamente

Ex: domanda e' fatta nel privato dagli utenti e dalle merci

Sperimenti matematici (traffico su di p.ta): CISA-KIBRO e CISA-STUDIO

Nel trasporto privato c'e' congestione e prestazioni della strada calano.

SIST. ATTIVITÀ (influenza dom. e off.)

Contesto sociale all'intorno del quale si realizzeranno spostamenti.

L'analisi dell'infrastruttura e' contenuta nel piano di PIANIFICAZIONE DEI

TRASPORTI. Si stabiliscono i vincoli da rispettare; budget monetario

o tempo, ambientali. Usiamo modelli x definire stato attuale

dell'infrastruttura, "fotografare" lo stato attuale.

Ex: rappresentazione del tempo di spostamento  $t = f(V)$  ponte marconi.

Supponiamo relazione lineare:  $t = a_0 + a_1 V$

Analisi funzionamento sistema; tabelle x diversi valori fluss.

$t_0$	$V_0$
$t_1$	$V_1$

Ex:  $t = 1 + 10V \rightarrow t_1$  (t "modellato") /  $t_0$  (t osservato)  $\rightarrow$  valore

bontà modello. Si usa modello per, ad ex, mettere il senso

unico  $\rightarrow$  valutazione a priori della fattibilità

C'e' un'evoluzione stocastica che si può cogliere solo tramite

modelli. Formule quindi diverse soluzioni progettuali. Si arriva

fino ad avere benefici - costi.

3 diversi livelli di pianificazione.

$\rightarrow$  piano degli INVESTIMENTI

• SSISTEMI: di lungo periodo, non meno di 20 anni



- Pianificazione operativa o di esercizio immediata realizzazione, interventi gestionali e non costruttivi [ex. meteo semaforo] - breve

- PIAN. TATTICA (intermedia) - periodo medio / breve

Si immobilizza problema rilevante. Ex: Voglio nuova autostrada RM-FI; Roma sarebbe rappresentata come unico nodo. Definisco ambito di studio, area dove si risentono effetti lavori.

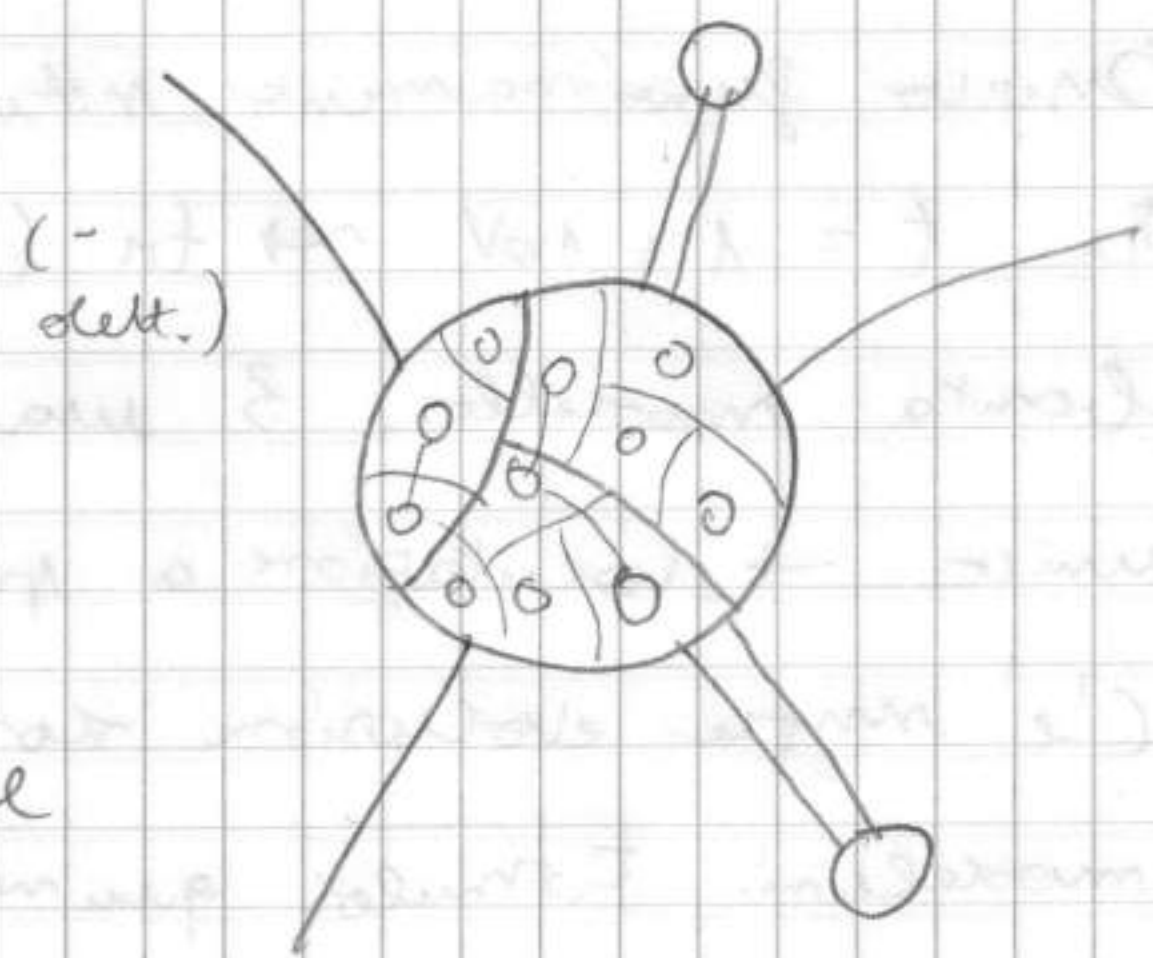
Ex: Nuova tangenziale a Roma; devo considerare area di studio interna al perimetro GRS; all'interno dell'area di studio semplifico. Si fa la zonizzazione dell'area di studio (zone di traffico; zone / confini rispettano barriere naturali e infrastrutturali). Deve essere congruente con progetto e area di studio. Roma è situata in 500 zone di traffico e ci sono circa 20 circoscrizioni. Si tiene conto delle zone censuarie (M fa censimenti popolazione). Zone traffico sono aggregazioni zone censuarie. Non taglio a metà le zone; f.z.t. diventano contenitori della domanda di spostamento; ciò che accade all'interno della zona x l'effetto esterno è di tipo trascurabile. Si distinguono le diverse tipologie (ex. zona non comprese sia case che uffici). A ogni zona attribuisco COEFFICIENTE  $\rightarrow$  numero scambi tra esterni centri (domanda interzonale). Viabilità interna di una f.z.t. è rappresentata tramite arco fittizio.

Centri di sono elementi unione con la rappresentazione tramite nodi e archi. (grafo)

$\rightarrow$  tratti di strada.

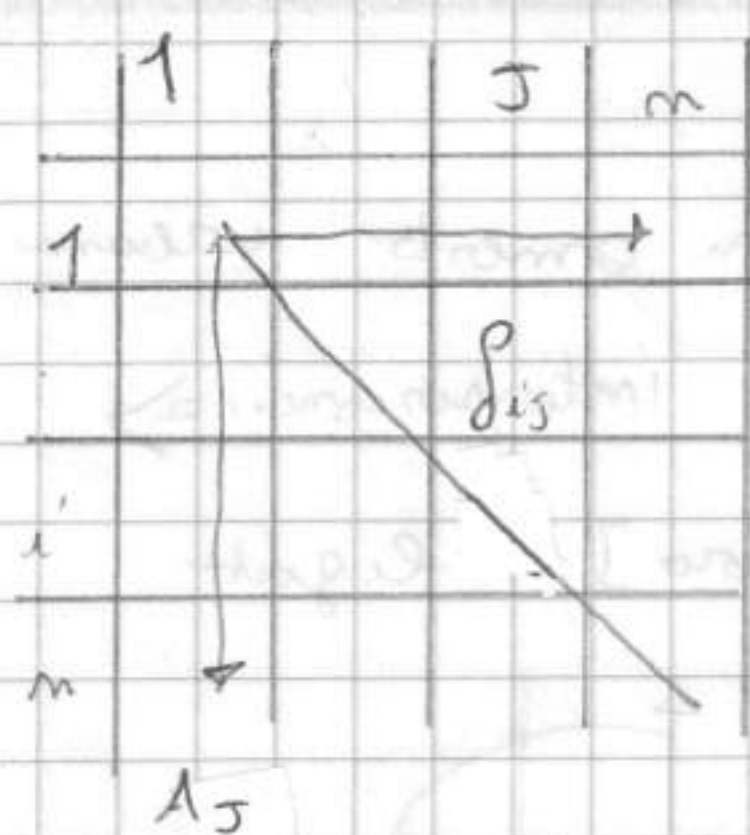
Ci vuole grafo anche per sistema del trasporto pubblico (ex. metro; ferrovia)

C'è semplice rappresentazione matriciale: MATRICE ORIGINE / DESTINAZIONE



④ Se avessi zonizzazione esclusivamente delimitata, il num. di





elementi già conosciuti segue il quadrato del  
 numero delle zone.

Somma per righe = generazione zona  $i$  =  $\varphi$  utenti =  $G_i$

Elementi diag. principali = intrazonali, non trasformati

→ Dimostra che nel complesso era  $\Delta_j$  e  $\Delta_j$  trasformati

zona  $j$  ha 2 vettori  $G_j$  e  $A_j$  in forma matriciale

ho distribuito domanda/offerta. [modello a 4 modi]

$\forall p_{ij} = f(i, \dots, n)$  dove alcune sono caratteristiche proprie della  
 domanda [solisti, etc.]

Zone censuarie rappresentano fonte dati importanti nella

12/12/05

domanda. Importante caratterizzazione per ottimizzazione d'uso. Attraversiamo

nostro territorio [centroide] x connotare meglio nuovo del  $\varphi$ . Non si

representa in estremo rettangolo la viabilità locale interna allo studio.

Ex. zonizzazione di Roma è molto rettangolare all'interno del gra. [a

volte IST Camera zone censuarie].

Il centroide idealmente e si solito si posiziona nel baricentro della zona

Su Roma ci sono  $\approx 5000$  archi monodirezionali.

La zonizzazione è comune x grafico regionale (nel Lazio  $\approx 130$  comuni) → Lazio e

Roma - Centro.

Grafo rappresenta la topologia del sistema di trasporto in esame.

Si può trasformare in rete di trasporto tramite la funzione di costo.

Ex. ponte Marconi.

Posizione centroidale [ ] lo distingue dal resto regione,

questi possono essere attraversati da  $\varphi$  di traffico]

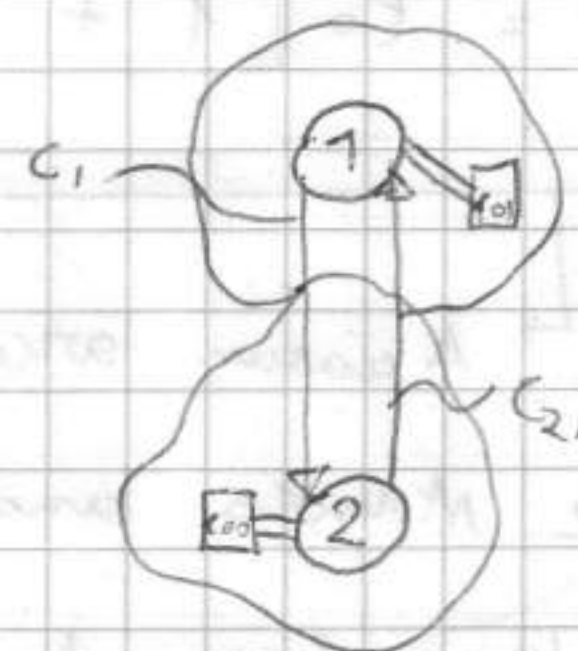
Rappresenta viabilità tramite archi e nodi che collegano

centroide a resto. Distribuire la  $f(\text{costo})$ , cioè la qualità

nella approntare e infrastruttura. Si conosce il t. di percorrenza + altri

elementi che contribuiscono alla  $\varphi$  x attraversare [veri costi  $\in$ ]

$C = at + bC_m$ , tutti pesati da  $a, b$  che vanno calibrati.

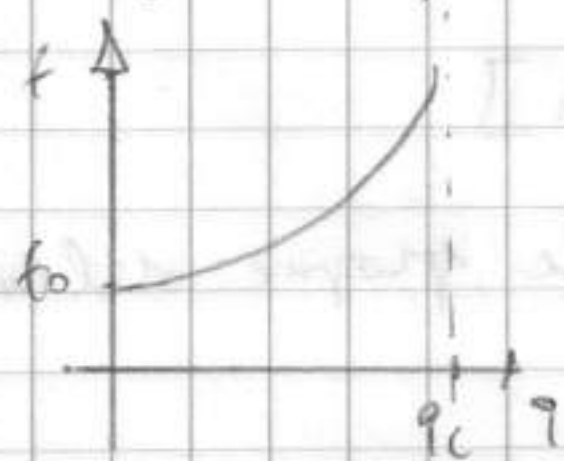




["tempo"  $\equiv$  "costo"]

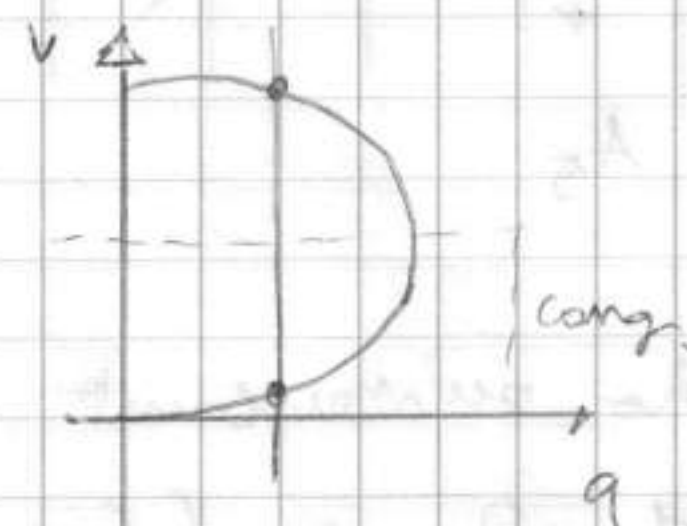
All'arco 12 attribuito costo  $C_{12}$  e all'altro  $C_2$ . In ambito urbano  
 $t_a >$  del t. rapportato e dovuto alla presenza delle intersezioni.  $\Rightarrow$   
 costi anche alle intersezioni [ma enorme mole di lavoro]  $\rightarrow$  legato  
 a parametri sumatori.

ha  $f(\text{costo})$  riporta (e  $t = f(q)$ ) e rappresenta



e andamento nel ramo non  
 congesto [  $\uparrow q$  e  $\uparrow t$  percorrenza ]

$\rightarrow$  composto matematicamente



Curve analogiche alla  $q$  alla capacità [ p. max.  $\rightarrow 3$  lane  $\approx q_c \approx 6000$  ]

Per  $q = q_c$ ,  $t \rightarrow \infty$ ; quando si è vicini a  $q_c$  tempi escono molto  
 velocemente  $\rightarrow$  f. monotone crescenti

Si dovrebbe calcolare  $f(\text{costo})$   $\forall$  arco  $\rightarrow$  invece si fa analisi secondo  
 le tipologie di strada.

$t_a = f(a, b, \dots) = \text{ad ex. } 10 + 0,5 q_a$  Tutte le strade di questo  
 tipo hanno questo t.  
 $\downarrow$   $\uparrow$   
 t. di percorrenza su arco "a" Ex. f. lineare

Se ad ex ha strada locale  $t_a = 15 + 0,8 q_a$ . Si tabellano  
 (x strade rilevanti) e calcolo "a" e "b".

ha  $f(\text{costo})$  + usata e di tipo americano; le BPR:

$$t = t_0 \left[ 1 + d \left( \frac{q}{q_{\text{con}}} \right)^\beta \right]$$

$\varphi$  rapportato con capacità strada.  
 Si devono calcolare  $d$  e  $\beta$ .

$\rightarrow$  A ciascun arco attribuito questo tipo di curva.

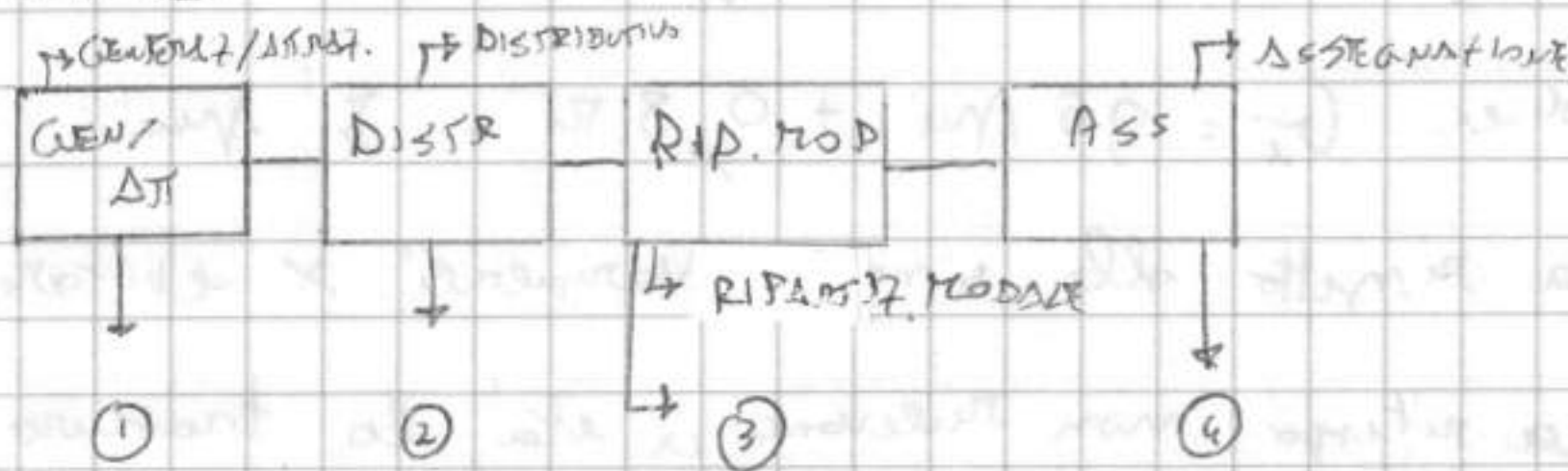
Se strada analoga ad una in ambito urbano ma si trova in ambito  
 extraurbano si raddoppia la capacità [ 1 min. sotto 1 min. urale ]

$t_0$ : t. di percorrenza a V libera. Archi fittizi servono x marciare  
 glomerata da centroide a nodo  $\Rightarrow t_{eq} = 0$  ( $G \rightarrow \infty$ )  $\Rightarrow t = 0$

18) Si fanno molte in base a modello a 4 stadi o modello di Allard



## PARTI 1.2.1.



- 1) Sclta SE effettuare spostamento e con quale  $f$
- 2) " su dove andare, destinazione
- 3) " del modo di trasporto (ex. macchina o mezzo)
- 4) " " percorso da seguire che può cambiare a seconda delle  
c.c. (costi)

Sclta non  $\equiv$  tra loro, invaria  $\langle \rangle$ . Sclta del percorso  $\hat{=}$  facilmente  
combinatoria; ripartizione modale  $\hat{=}$  difficile perché  $\rightarrow$  adattare mezzo  
privato. Nella sclta del luogo siamo "vincolati" [ex. università e  
"obblig", ma luogo/acquisto  $\hat{=}$  flessibile]. Ancora  $>$  invaria  $\times$  gen / altri.  
Criterio che governa la sclta del percorso  $\hat{=}$  la minimizzazione  
del t. di percorrenza.

Per 1) c'è rapp. vettoriale della domanda su spostamento: (stati ex.)

	G			A
101	50	$\rightarrow$ sta centrale 101 escono 50 veicoli	101	60
102	60		102	50

Nel 2) c'è rapp. matriciale [MATRICE O/D; genero elementi  $\hat{=}$  pair-combina]

101		50	
102	60		

$\rightarrow$  altr.  $\sum_i S_{ij} = A_j$  ;  $\sum_j S_{ij} = G_i$

$\downarrow$

$\sum_{ij} S_{ij} = D_{TOT}$

gen  $\rightarrow$  element, si. principale possono essere  $\neq 0$  ma non ci interessano

Non ci interessa simulare.

$G_i = f(P_i, R_i, \text{etc.})$ . Ragionare a livello di singolo individuo  $\rightarrow$

3 modelli di aggregati e comportamentali

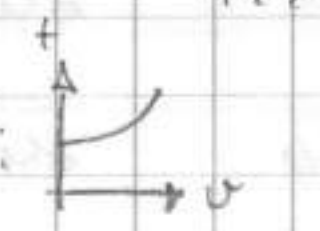
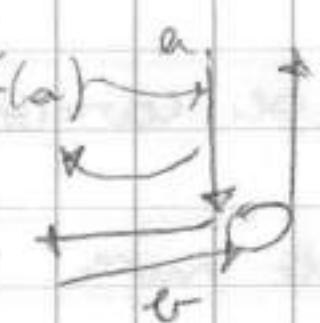
Devo sapere gli stati attuali. Costruisco tanti vettori  $\times$  le G (19)



le  $P$ , le  $\pi$ , ... Noti questi valori tramite la regressione lineare si calcolano  $\alpha$  e  $\beta$ , quindi ad ex.  $G_i = 9,5 \pi_i + 0,8 \pi_i$ . È più corretto fare previsione diretta rispetto alle singole variabili. X evitare errori di approx. [X variabile da utengo non rilevante, ex età la trascuro] Facile proiezioni su Google, dei treni. Facile "generazione modellata".

## REGRESSIONE LINEARE

16/12/2005

[Premessa:  $t_a = f(V_a)$ ; in generale è anch'amente  $t/v$ : ; quando  $t_a$  è unicamente dal flusso di veicoli in quell'arco in parole di f. di costo SEPARABILI. In ambito urbano è  $t_a = f(v_a)$   approx. Se abbiamo interruzione non remanforata,  $t_a = f(V_a, V_e) \rightarrow$  non è separabile. Se ho parametri remanforati fatti (è quello piano remanforato con fari  $(\approx 100 \text{ m})$ . Se è fermo ho il 1° caso. Se con tecnologia i tempi di verde - interruzione ATTUATI solo traffico - da da n macchine si torna a 2° caso [tratteremo solo le 1°].

Vengono utilizzate rappresentazioni matriciali. Per sapere n mosse non collegati si fa  $n \times n$  con 0 e 1 se collegati o no. Poi matrice di incidenza mosse/archi con 0 [n  $\notin$  dell'arco], 1 [n mosse è origine], -1 [n è destinazione]. } mosse + archi è la STELLA DI ARCHI USCENTI, è la + compatta. EX: vedi p. 117 (dimensioni a rimbolati da quelle di b che invece è pari a quello dei mosse). Per determinare la durata dei comuni uso matrice archi/percorsi (0 se arco i  $\neq$  a percorso)  $\rightarrow$  costo nel cammino:  $C_k = \sum_i a_{ik} C_i$  } pari.

- SPECIFICARE IL MODELLO: stabilire la forma funzionale

$t_a = f(V_a)$  Se si fa ad ex errore lineare, exp, log, etc...

Ad ex  $y = ax^2$ ; se pongo  $x^2 = t$  linearizzo facilmente:  $y = at$

- VARIABILI INDIP.: ad ex in questo caso il flusso nell'arco, Determinare quindi il valore di "a" [CALIBRARE]

20 - VALIDAZIONE del modello; valutare bontà calibratura (ad ex

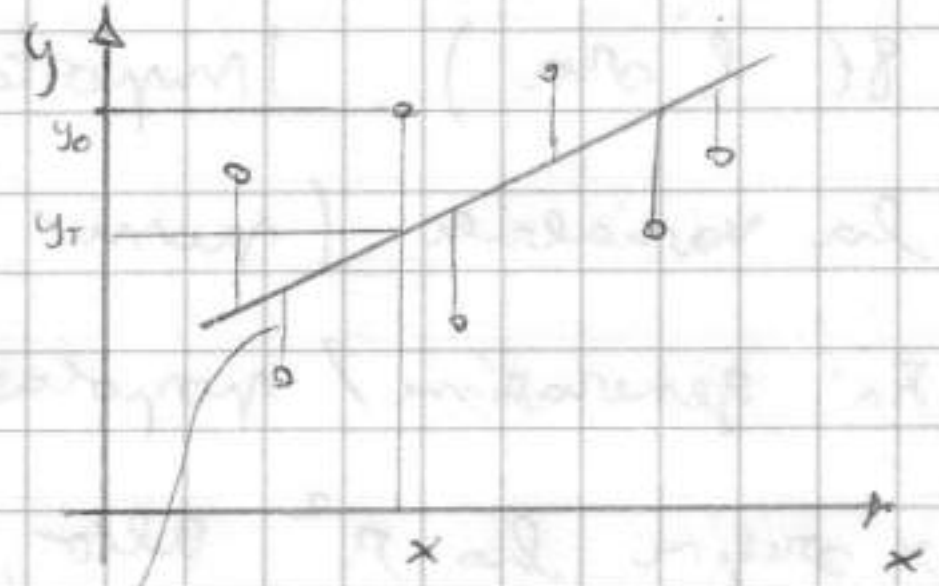


$y \leq 3t$ ) e applicarlo allo stato attuale x vedere come si comporta  
Faccio tabella  $y^o$  e  $t^o$  e confronto con modello matematico.

Prendo 100 stati, 80 per calibrazione e 20 x validazione. Nella pratica  
e raro escludere alcuni dati dalla calibrazione.

$$y_i^t = a + b x_i + \varepsilon \quad [y \text{ modellata}]$$

$\varepsilon$  termine d'errore che va trattato



Raro che  $y_i^o \equiv y_i^t \rightarrow$  Voglio minimizzare gli

spostamenti  $\Rightarrow$  METODO DEI MINIMI QUADRATI

$$F(a, b) = \sum_i (y_i^o - y_i^t)^2 \rightarrow \min_{a, b} F = \sum_i (y_i - a - b x_i)^2 \quad \text{Variabili}$$

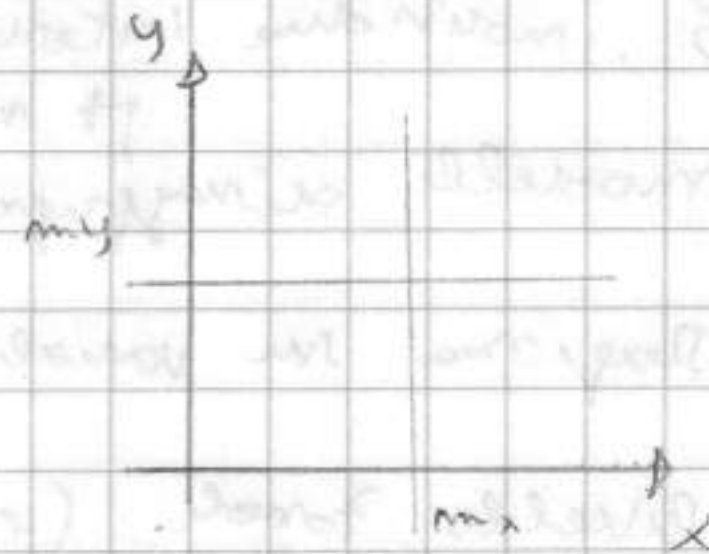
sono  $a, b$ . Per il min annullo la derivata:

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial b} = 0 \quad [Vedi da 141 a 143] \quad \text{Non viene calcolato il}$$

valore assoluto e mi serve il  $\square$ ; si pensano molto gli spostamenti grandi

Correlazione tramite l'indice delle variabili che misura la bontà della  
misura lineare [e solo x loro].

Si usa indice  $R$  dato da  $\sum xy / \text{dev. standard}$ , indice  
adimensionale, se  $R=0$  rel. lineare  $R < 0$  e  
lin. negativa,  $R > 0$  e lin. positiva.



Importante è  $R^2$  = coefficiente di DETERMINAZIONE

$$\sum_i (y_i - m_y)^2 = \text{DEV. TOT.}; \quad \sum_i (y_i^t - m_y)^2 = \text{DEV. SPIEGATA}$$

$$\sum_i (y_i - y_i^t)^2 = \text{DEV. RESIDUA} \quad (\text{colonne proposte D.S. e D.R. viene 0})$$

$$R^2 = \frac{\text{DEV. SPIEGATA}}{\text{DEV. TOT.}}$$

A livello del modello generatore / attrazione si

ha  $R^2 > 0,8$ , nel modello a 4 Modi si può  
avere  $R^2$  di 0,2.  $R^2$  sta info. utile se osservazioni sono numerose  
(almeno 20, 30). (e' e'  $R^2$  corretto x q' dal n. osservazioni)

$$\sum (x_i - m_x)^2$$

$n$  volte  $m_x$

$$b = \frac{\text{cov } xy}{\sigma_x^2}$$

$$a = m_y - b m_x$$

16/12/05

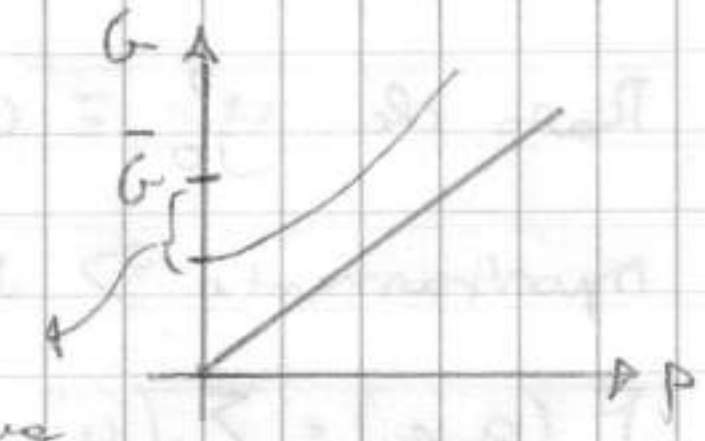
Controllare la plausibilità dell'argomento, se il segno di "a" e

giusto, ed ex. calibro la generazione:  $G = 5 - 95P$  non va



buono (popolazione omogenea e generazione pura) Importante è anche il valore numerico. Non ha molto senso il singolo parametro (2 se unita di misura), solo fare rapporti con altri parametri di variabili diverse  $\Rightarrow$  ELASTICITÀ MICROISTICA (ex. f. rispetto ai soldi  $\rightarrow$  valore monetario del tempo, ex. 8€ l'ora). Importante anche il termine noto  $\rightarrow$  diventa trascurabile la variabile (però allora addirittura un errore) Idealmente  $a = 0$

Ex: generazione / popolazione. Se non vincolo paraggio  $\times$  origine ho  $R^2$  alto, ma a delle curve piccole.



[In nome confrontabili a me non reale variabile, sistema derivato dalla costante] Intervallo di confidenza di a delle componenti 0.

Importante è la collinearità tra variabili esogene, migliore tra le variabili collineari quella migliore (ex: reddito / occupati)

Facciamo sempre il modello Gen / Pop e (x e l'altra) Altr. / occupati. Si individua intervallo da simulare e tipo della domanda.

modelli disaggregati e gli aggregati [fatti dopo la formazione], in regione in variabili d'area. Spesso si richiede la media a livello locale (ex. Generation / reddito).

Nella correlazione dei modelli (c'è anche il INDICE di ACCESSIBILITÀ (vedi Var. interne / esterne)  $\rightarrow A_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} / m$ . Ex: metro Roma. Considerare come tempi "superiori" quello  $t_{13}$  e  $t_{12}$  ma  $\times$  andare a 2 punti prima con la metro,  $\Rightarrow$  non buono.



Tipo di beni/mobili, n. auto, numero parcheggi, etc... sono variabili attribuite. E ne sono alcune continue altre discrete (ex. n. auto  $\rightarrow$  giovani). Utilizzare diversi modelli.

$$G = a_0 + a_1 \text{ comp. famiglia} + a_2 \text{ reddito} + a_3 Z \text{ interazione}$$

$\begin{matrix} \rightarrow 0 \text{ m} & \text{ho basso grado d'interazione} \\ \rightarrow 1 \text{ m} & \text{alto} \end{matrix}$

22  $G_i = a_0 + a_1 P_i$  ; uso i dati e vedere come ottenere i valori

$G_i = 3 + 0,9 P_i$  ; ho  $R^2 = 0,95 \rightarrow$  ottimo.



Suppongo costante valori al futuro. Stats. Attuali: controllo  $G_{01}^{SA}$  e  $P_{01}^{SA}$   
 poi applico il modello  $G_{01}^{SA}$ . Poi vedo nel 2025,  $P_{01}^{2025}$  x tutte  
 le bare e ho la  $G_{01}^{2025}$  + 1 step modellat. a 4 mesi

Degenero nell'ambito del trasporto pubblico - FERROVIE 21/12/09

importante la guida (libera - autobus, vincolata - treni) e la  
 densità (libera o controllata). E' difficile fare stima della distanza.  
 Problema int. controllo e l'incapacità di stimare la distanza di  
 fermata.

- Nostro ufficio / Regresso [fermata + stazione, + complesso]

- Incontro

• Importante e richiesta che in ferrovia governa tutto. Ex. Milano:  
 quando corrente non c'è va piano.

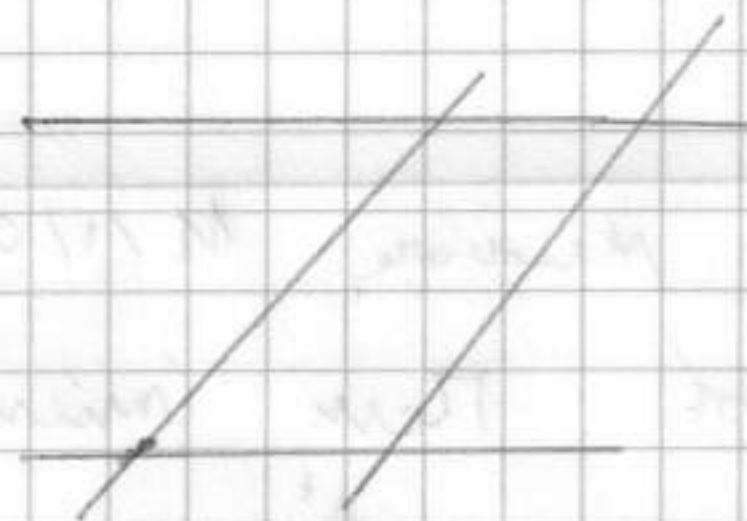
10  
1  
10  
3  
J

• Import. e REGOLARITÀ, x tutto. Probl. transp. pubblico:

se ho mezzo privato arrivo direttamente da A a B; invece nel pub.  
 devo andare alla fermata e arrivo a vicinanza B. Quindi problema  
 accessibilità (<); nel privato fuso e t. attesa nullo, nel pubblico  
 di solo t. attesa. Se intervallo non è rispettato aspetto di più.

Perante a capolinea ha problema che autobus rimangono fermi in  
 attesa.

Se tutto f. come dovrebbe sarebbe sufficiente una regolazione  
 e' scarso. Ma e' impo. avere scarso q. ult. Ex. stop di marcia



Se sono bloccato parte stop e arrivo  
 stop e alla fermata ci sono t. persone  
 che aspettano. Il veicolo stop invece  
 fa sempre prima che non trova

nessuno a fermata.

Sistema mosto / auto. C'è int. urbana ed extraurbana; t. persone  
 auto compatibile con il mosto [in tratto urbano]. Nell'extraurbano le  
 fermate sono "stazioni" con auto t. percorrenza.



Capacità e capacità fermata, dalle domande di max. carico. Importante anche la parte dei pullman.  $\varphi$  in termini ferroviari è la POTENZIALITÀ.

Semafori: negozi di attiv.  $[R-V]$ , e di categoria  $[G-V]$ , spazio tra G e R  $\times$  frenare  $\times$   $\Delta$  da  $G = [V^2/a = \text{frenatura}] \rightarrow V^2$  e la  $V$  di progetto delle linee; a e' l'auto  $\rightarrow$  ferro in ferro e non deve creare problemi.

Nei tram c'è freno a frizione (si erutta talvolta davanti)  $\hookrightarrow$  si moltiplica la dist. di frenatura  $\times$  coeff.  $k$  su frenatura  $> 1$ .

ha Potenza  $P = V \text{ di progetto} \cdot k \text{ (densità)}$ ,  $\text{Flux pot.}$  si deve ridurre  $[d = l + s + D + V \text{ km} + L]$ ,  $l$ : l. di visibilità; però  $s$  ma ha il  $k$  su necessità, si può lavorare su  $D$ , che è distanza tra semafori:  $D = d - V^2/a$

Sistema a 3 colori semafori.

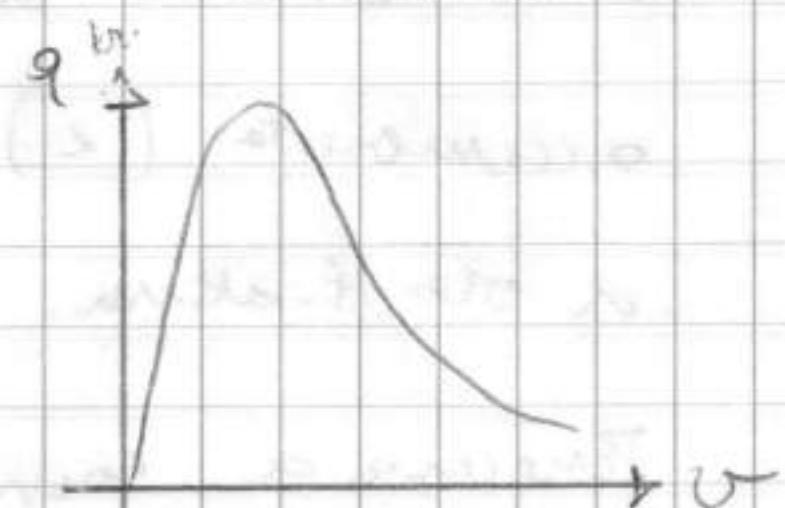
Come individuare la potenzialità pratica delle linee, circolazione tattica alternante, Pot. è somma delle potenzialità  $\times$  i vari tipi di treni.

Circolazione unidirezionale / non unidirezionale

Complicazioni start: movimenti di arrivo partenza e manovra. Quando

treno in forma delle linee con anche errore frenata

Capacità di un r.p.  $\rightarrow$  si non frenata a velocità  $\rightarrow$  una retta



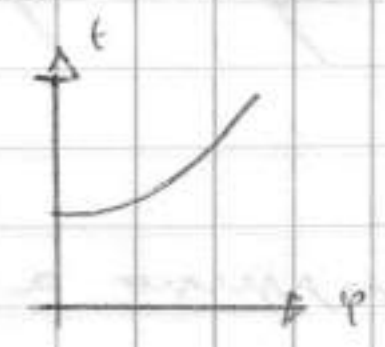
Analisi TECNICO/ECONOMICA infrastrutturale

9/11/06

Problemi motivazioni  $\times$  offerta trasporto che si richiamano a teoria del deflesso. [no inv. atm e Pubblica] anche benefici - costi. Leggi "slane oscillazioni". Matrice O/D. 11/11/12

IV. 113] Per studiare prob. fattibilità dobbiamo studiare 11/11/06

l'offerta col grafico, la domanda con matrice O/D. Permette infatti la assegnazione col costo sono i  $\varphi$  di arco.



Sommando i archi = costo ore - M.H.

n. veicoli  $\times$  l. arco = 11 CH/LOUETRI - M.H.

Dato un intervallo,  $\Delta H$  deve essere, ci vuole analisi di fattibilità

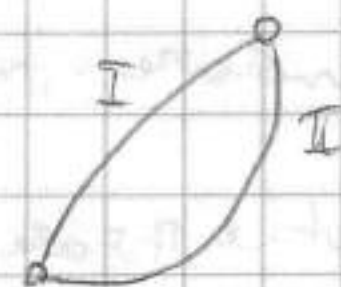
29) si fa confronto con ipotesi 0.



PH e MH facilmente misurabili [in MULTICRITERIO] Con nuova strada

→ t. di percorrenza anche nel resto della rete. Ex 2 Strade:

q elevato in sostituzione in II; quando la migliore q è la



stessa ma gente non va in I e quindi → PHM. Però però all'oscuro

che se migliora di tanto anche altre usano strada [ex. GRS x andare

da N a S] PH  $\geq$  mentre MH  $\leq$ . Dobbiamo relazionarli in  $\epsilon$ .  
 $\rightarrow \approx 10 \div 12 \epsilon$   
 $\hookrightarrow \text{LPII} / \text{n. str.} \times \text{alt. PI}$

Costo benzina/95 [all'incirca]  
 $\approx 500 \epsilon$

La somma algebrica dei 2  $\Delta$  è il beneficio.

Valutazione fatta in anni (n = vita utile opera) → riportati  
allo stesso anno, in genere quello di partenza

C'è problema h.s.p.; da TGR a flusso orario e dimensionare

strada x l'hs.p. massima, ora, resto giornata. Ho 3 servizi

t di percorrenza quindi cambia PH e MH. [10% q la massima,

10% q la ora, il resto, 6%, dur. la giornata → ora su

marbida non si trascura perché qualcosa piccolo (mq molto  $\times 12$ )

che giorni dell'anno conv. la strada!  $\approx 280 \div 300$  gg anno.

Tutto ciò  $\times 10$  anni, Però capitale si ammortizzare costi  $\times 4$  anni e

giovare benefici  $\times 16$  anni, S. deve tenere conto anche di

eventuali eventi di trasporto futuro. I guadagni vanno riportati

con  $\frac{1}{(1+i)^n}$   $\rightarrow$  anno  $\times$  capire guadagno effettivo 0.06, in base

la pena fare.

1

X è offerta si fa l'assegnazione, costruzione del grafo, curve di deflusso.

E. Provincia aut. in comuni che Rapp. il Censimento della zona

Dati: Matrici O/D, Domanda di penetrazione → gen, alt, dist. vola molto

trasporti = ottimizzazione di risorse | In Provincia c'è alta stonante,

valori abnormali si escludono.

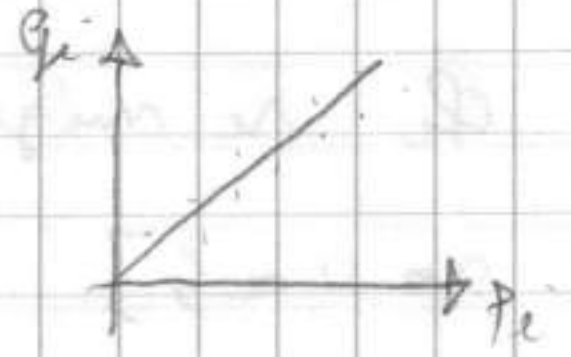
Da ora → flusso di oreo  $\Delta$  malin PH e MH a 13/1/06

interventi 0 e int. preventivato → calcoli su  $\Delta$  relativi al giorno e

poi all'anno. Poi c'è  $\frac{1}{(1+i)^n}$   $\times$  capire effettivo guadagno



oggi. Matrice OD, somma D = generatore, A = attrazione. Dobbiamo andare in previsione con matrici state collochiamo Sig. Non possiamo utilizzare dati antichi. Dobbiamo ricorrere a formazione. Si prendono le zone e si valutano caratteristiche, come ci si muove  $\Rightarrow$  qm d sta popolazione. Abbiamo n punti in maniera lineare. Interpolando possiamo vedere che anche in termini a breve si ha  $q_i = a_0 + \sum q_i x_i$ . Non lavoriamo con legge empiriche ma con modelli econometrici, perche hanno comportamenti variabile, caratteristiche economiche.



Note le zone e note le Att. n collocano i q di piano con modello distribuito. C'è il modello del fattore di crescita  $S_{i5} = k_{i5} \cdot S_{i5}$ .  $k = \frac{F_i + F_j}{2}$  dove  $F_i = \frac{q_i}{p_i}$ ,  $F_j = \frac{A_j}{a_j}$ . Ex. apertura molto contro con aumenta altri.  $S_{i5} = \frac{q_i A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} f(t_{i5})$   $\rightarrow$  f. di resistenza. Si fanno prev. x tot anni e n var.

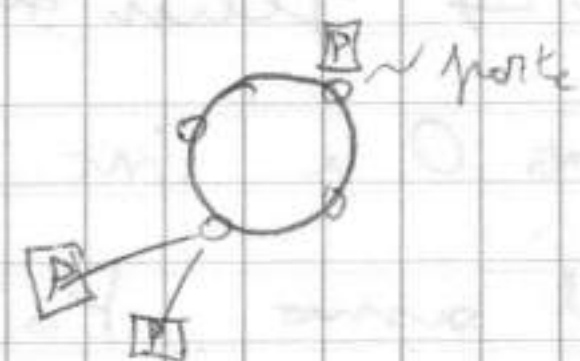
Di solito nei 15-20 anni si è verificata crescita  $\rightarrow$  andamento lineare. A ciascun arco ce costa selettivo che mi indica  $f(\varphi)$   $\rightarrow$  programma. Annali costi/benefici [ex Harrington] Valore del tempo, costo di esercizio su un autoveicolo al km [costo/4,5]. Benefici totali annui =  $\sum$  ben. dovuti a risparmio ore e km.

$$S_{i5} = \frac{q_i A_j}{S} \left[ \varphi_{i5} \right] \text{ tempo di percorrenza, che non so spiegare } = f(t_{i5})$$

$$f(t_{i5}) = \frac{S_{i5}}{x_{i5}} \rightarrow \text{quota \% di } \varphi \text{ che si passano rispetto a spostamenti totali}$$

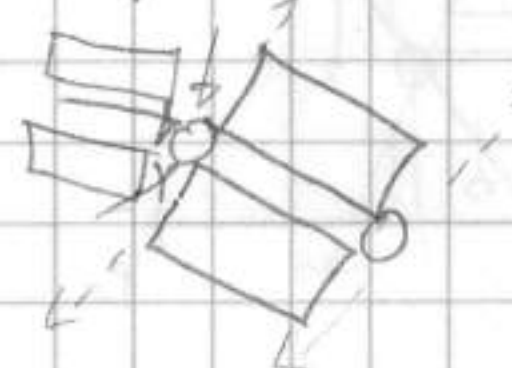
Modello di ripartizione modale (per lo spostamento  $\leftrightarrow$  mezzi di transp.) 16/1/2006

Ex: problema pellegrini a Roma. N. pullman (100) transcurabile rispetto al n. veicoli  $\rightarrow$  problema quando Ma fermo. Dove farli parcheggiare? Si è deciso di includere ai pullman turistica zona particolare di Roma. Pensando pullman  $\rightarrow$  nell'arteria ancora sull'altra parte.

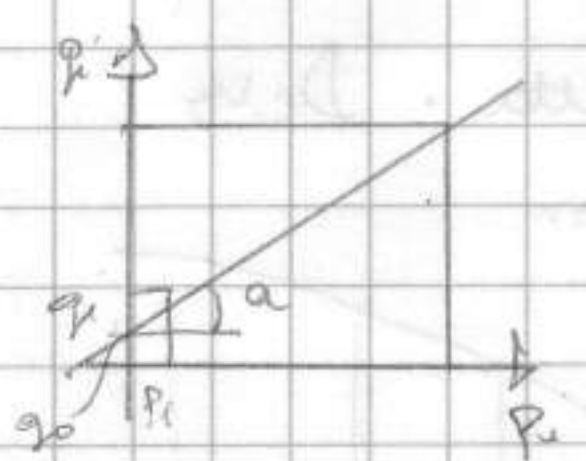




già fatto a FI, considerando  $X_0$  le azioni su FI [diversi ti muovi a  
 piedi]  $\rightarrow$  Roma e' + grande. Ci voleva tram pubblico, autobus  
 apposta x pellegrini  $\rightarrow$  facevano pochissime fermate (linee "EXPRESS").  
 Si doveva organizzare movimento interno (foule x parcheggio). Analisi  
 di gen. e alt. LINEE DI DESIDERIO  $\rightarrow$  Rapp. geometrica matrice O/D.  
 Buna la matrice  $n \times n$  applicata al grafo  $\rightarrow$  ogni  $\varphi$  e' associato nel  
 cammino minimo. (con costruzione le linee di autobus) si prende la +  
 grande linea d'arco; a monte vedo pullanti e  
 da dove scendono  $\rightarrow$  prendo le + grandi e dico che  
 la linea va verso quello maggiore, e con via. Rimangono i  $\varphi$  che  
 vanno a piedi. Dato allora equilibrio tra  $\varphi$  più grande e  $\varphi$  più piccolo.  
 Si ottengono le linee delle vallette [però in alcuni casi c'è rischio  
 di non unirle] lavorando sulle freq si sono distribuite le vallette  
 [così ultimo già intanto da autobus] (coefficiente di costo del mezzo [capacità]  
 Tempo o in ampiezza o in frequenza i pullman, si preferisce aggiungere  
 così nel tratto a richiesta maggiore.



Poi per finire ho passato da  $\varphi/a$  2006 a  $\varphi/a$  2026.  $n = m \cdot 7$  ore



Modello gen / moy.  $q = q_0 + a P_i$   $\varphi$  Cerca retta

che minimizza somma quadrati degli scarti.

Regression lineare, che linearità e' nei coefficienti.

Perché si cerca il  $\chi^2$  e non semplicemente lo scarto?  $\rightarrow$  servono errori

(fig 3.2 a e b) si tengono i nomi e gli errori + grandi per avere  
 di più, inoltre e' + facile da trattare algebricamente.

Analisi di Correlation, a volte modello di spieghi ben la scelta  
 x fare buona previsione  $\rightarrow$  cerchiamo i coeff. di PEARSON

Nella fase di indagine conosciamo gli  $S_{ij}$

Ho matrice  $n \times n$   $S_{ij}$  e  $n$   $q_i$  e  $n$   $a_i$

Poi andiamo in previsione e si parte da

	1	2	...	n
1				
2				
...				
n				

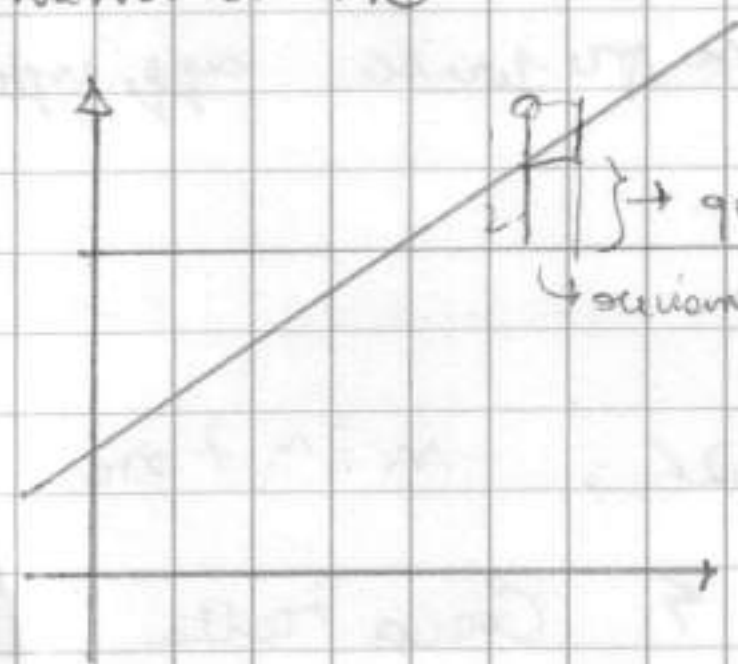
$q_1$   
 $q_i$

18/1/2006



farà di rette che panno e m'immirano le distanze  
dei piki sperimentali veri e la retta Trovo curva

$\Sigma x'y'$  (Coordinate di prima sfera o  
sistema cartesiano centrale in g.m., p.m. Ho



ouff. viene miziata      Devanta puzina

total. miazga = D total.  $\sum_e \frac{D_{miazga}}{D_{tot}} = 1$  kurt

Ap. ti sono sulla pelle, sensazione perfetta. Devo

Dati in popolazione forniscono un buon  
involucro.

(28) Mostrei a Tonia a "unite". In genere alle unite = famiglie, alle  
quale 15551 somministrava questionario.



Come variabili a sono le m. di componente famiglia, età, sesso, questo  
 su istruzione, condizione professionale e non, tempo disponibile, reddito,  
 numero su mezzi su trasporto, [famiglia].

Con grandezza proprie dell'unità della zona, dello spostamento  
 [scopo], accessibilità.

Q. e interrelata da capacità esauritiva del modello.

Matrice di correlazione.

Modello del fattore di accorciamento:  $\varphi$  su numero in previsione

23/1/06

$$= \sum_{i,j} k_{ij}$$

- FATTORE UNIFORME;  $k_{ij} = F \rightarrow F = \frac{\sum_h (G_h + \Delta_h)}{\sum_h (g_h + a_h)}$

- // stesso:  $k_{ij} = \frac{F_{gi} + F_{as}}{2}$ ;  $F_{gh} = G_h / g_h$ ;  $F_{ah} = \Delta_h / a_h$   
 L. d. da acc. generazioni, attrazione e loro media

$$S_{ij} = N_{ij} \frac{F_i + F_j}{2}$$

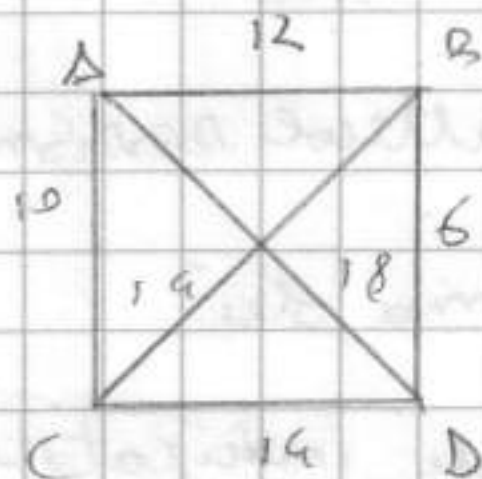
- DETROIT

Invece della somma si fa il prodotto  $k_{ij} = \frac{F_i \times F_j}{F}$

Quadratura della matrice

Svantaggi metodo (somm. implicita offerta trasporto, limitazione  
 rigoria, difficoltà su proiezione x flussi deboli inesistenti)

$$S_{ij} = \frac{N_{ij}}{2} \frac{F_i + F_j}{2} \rightarrow f \text{ di previsione}$$



$$F = \frac{280}{148} = 1,89$$

$$\begin{aligned} F_g A &= 2 \\ F_g B &= 1,5 \\ F_g C &= 3 \\ F_g D &= 1 \end{aligned}$$

	A	B	C	D	$\Sigma$	$G_i$
A	-	12	10	18	40	80
B	12	-	14	6	32	48
C	10	14	-	14	38	114
D	18	6	14	-	38	38
$\Sigma$	40	32	38	38	148	-
$\Delta$	80	48	114	38	-	280

$$\varphi_{AB} = 12 \cdot 1,89 \text{ etc ... } \Delta D \rightarrow 79,6 = 6^* (\neq 6) ; \text{ ma } B \text{ e } D \text{ ha } G^* = 60 (\neq 48)$$

(fattore uniforme)

Se applichiamo fattore medio



Si una nuovo modello Detroit, 1° passo x modello gravitazionale

$$S_{ij} = f(k_{ij})^{\alpha} \frac{F_i F_j}{F}$$

Oggetti: analisi fattibilità imp. modale extramodale 25/1/06

Si struttura rete in 4 livelli (a Roma non tutte lecoli)

Strade locali → di quartiere → scorrimenti. Fare gruppo conneso

Area politica → meno n° da curare defumo che tiene conto della

capacità dei parcheggi. Continuano graficamente e gruppo, poi

sianno in parte dati a calcolatore → mappa analitica BPR

$$t_i = t_{oi} \left[ 1 + \alpha \left( \frac{f_i}{q_i} \right)^{\beta} \right]$$

That's di equivalenza e di incidenza, <sup>→ non-arche</sup>

Stella di archi. Abbiamo 3 vettori [mod], 3°, quanti sono le convenzioni

dell'auto, il 2° è la somma. Albero di storia [source = meglio

origine] Come andare agli altri nodi senza creare circuiti. Colloca su flum.

Teorema di Bernoulli.

Algoritmo di Dijkstra; dopo albero minimo va visto le  $\varphi$  di scambi. 27/1/06

Da O-D ci sono + percorsi x le varie zone. I eq. di conservazione:

$$\sum \varphi_{i \rightarrow j} \text{ su } i \text{ a } j \text{ meno } 1 \text{ cammino} = \varphi_{i \rightarrow i} \text{ a } i$$

$$G(t_{ij}^q - t_{ij}^n) \geq 0 ; F_0 = \sum p_{ik} C_{ik} \text{ Remiche su assegnazione}$$

$$\text{Tutto o niente} / \text{Mesure micrometriche} / V_a^n = (1 - \varphi) V_a^{n-1} + \varphi F_a$$

Struttura di prefattibilità 30/1/06

- // // fattibilità

Prog. di succ, poi DEFINITIVO. Qui non esecutivo e contemporaneo

Analisi Finanziaria/economica  $\sum \frac{S}{(1+r)^t}$  ;  $r$  = tasso di attualizzazione

Analisi benefici/costi: identificazione dei progetti - stima dei

costi - stima dei benefici - internalizzazione e stima degli indicatori.

Costi ABC / confronto con extra-progetti / DEATH mera] → specificata

locali / surplus delle utenti [D cioè che può pagare - cioè che paga]

(è elasticità) uso del bene legata al costo. Valutazione dei benefici

③ Costo generalizzato del trasporto.