



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1617A -

ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Santoro

MATERIA: Uso Ottimale e Sicurezza degli Impianti + Eserc.
Prof.Sobrero

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

Lez. **1**

- IMPATTO AMBIENTALE -

30/9/23

prof. ssa Sobzero Giulia

- 60% sull' impatto ambientale (Sobzero)
- 40% ottimizzazione e uso (Lualaba)
- 20% tipologie di sistemi (De Salvo)

- USO OTTIMALE E SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ENERGETICI -
(USIE)

Lunedì	14:30 - 17:30	Sobzero	} Le prime 8 settimane
Martedì	10 - 13	Lualaba	
	16 - 17:30	Sobzero	
Mercoledì	10 - 11:30	Sobzero	

ESAMI:

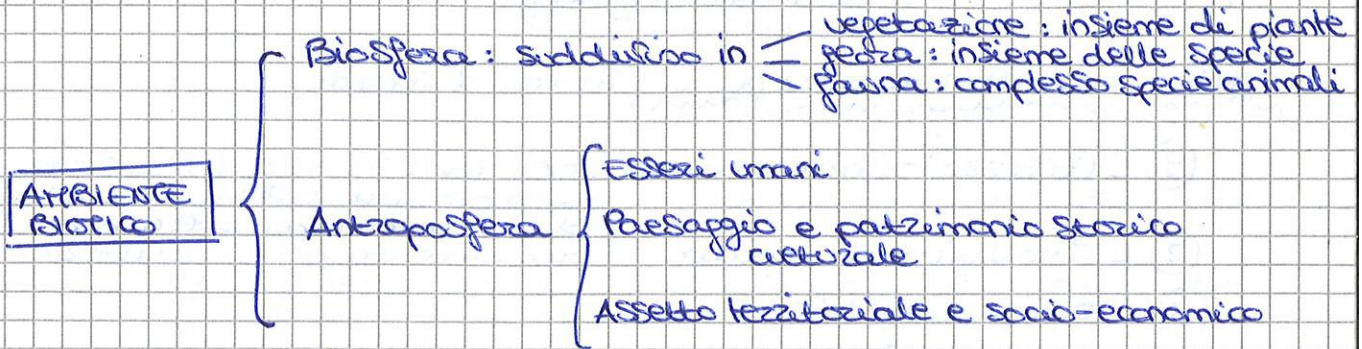
- Sobzero → Scritto (termine iscrizione 5/6 giorni prima)
- Lualaba → Orale (anche fuori sessione)
- De Salvo → Scritto veloce

↳ Media ponderata dei voti - 2 voti parziali vengono mantenuti validi fino a settembre - Le parti devono essere tutte sufficienti - Agli scritti ci si può ritirare in ogni momento, ma una volta consegnato il compito non si può rifiutare il voto -

→ Scritto Sobzero: domande aperte con qualche calcolo, non si possono portare appunti né fogli -

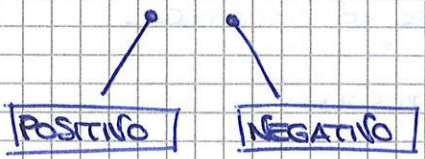
- Slides caricate in zeta volta per volta

- **Soilo**: insieme di minerali e gas che danno nutrimento alle componenti biotiche, va fino ad una certa profondità -
- **Sottosuolo**: strato della litosfera sottostante -

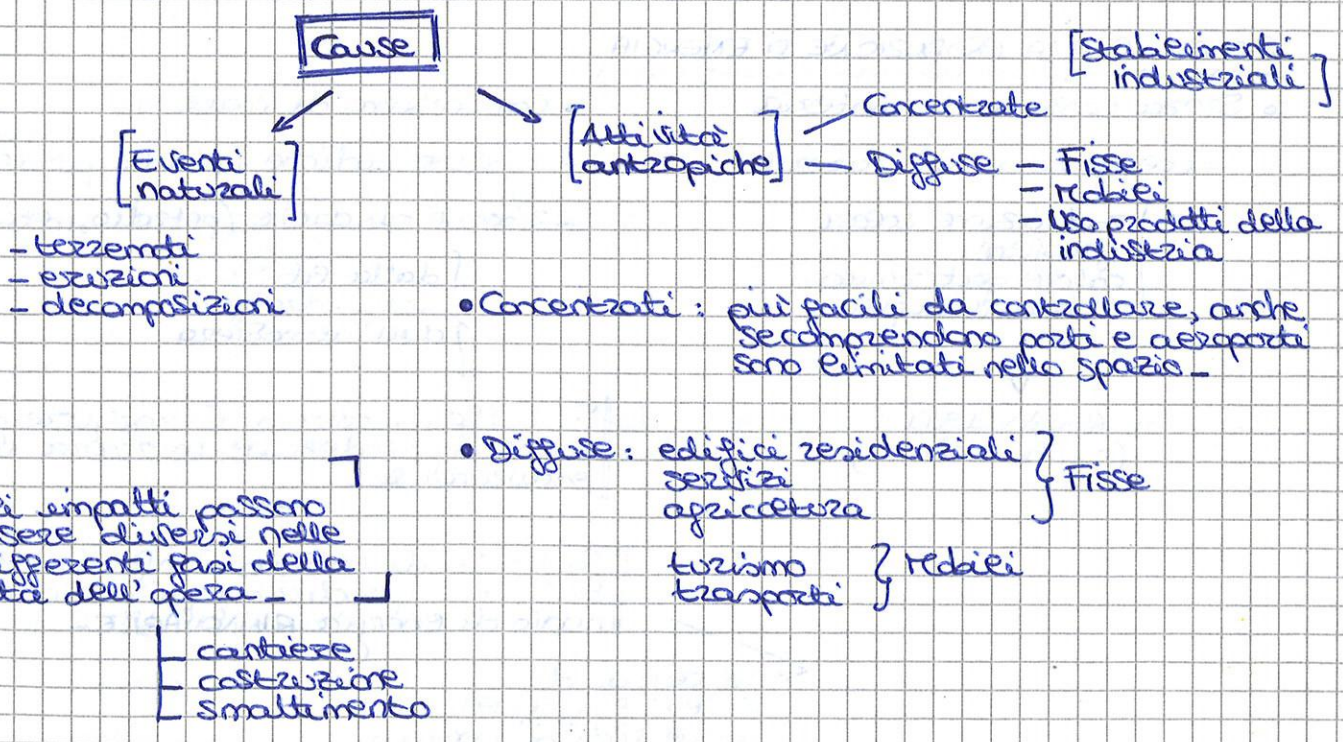


- **Vegetazione** = ci dice anche quale tipologia di pianta ha una prevalenza, è una valutazione quantitativa, oltre che qualitativa -
- **Fauna** = varietà delle specie, non è un concetto quantitativo -
- **Fauna** — VERTEBRATI — mammiferi, uccelli, pesci, anfibi, rettili
 — INVERTEBRATI — molluschi, spugne ...

- **Impatto ambientale**: modifiche indotte dall'azione o attività sullo ambiente circostante (ovvero su una o più componenti ambientali) - È una traccia dell'azione umana o di altri organismi -



→ CAUSE DI IMPATTO AMBIENTALE: classificazione

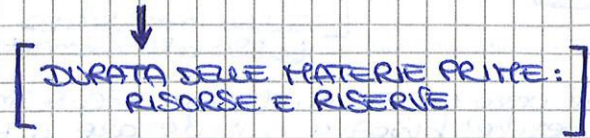


• Gli impatti possono essere diversi nelle differenti fasi della vita dell'opera -

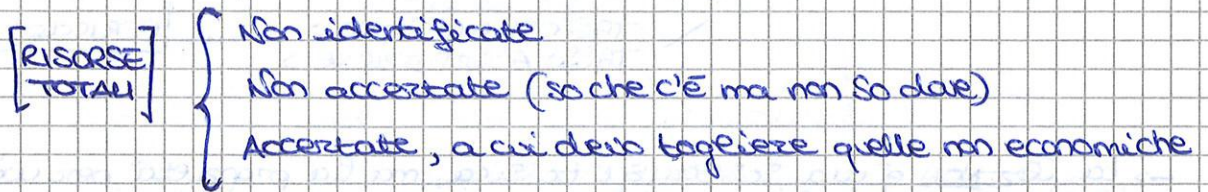
- cantiere
- costruzione
- smaltimento

- Usando come risorsa i materiali usati (es. parte organica degli RSU) non solo ottengo da ciò energia, ma riduco allo stesso tempo e l'immissione di rifiuti nell'ambiente -

→ la durata dei diversi materiali viene stimata, a una certa data, come rapporto tra le RISERVE ACCERTATE e i CONSUMI di QUEL'ANNO -



- RISERVA: quantità accertata del materiale, valutata economicamente recuperabile con le tecnologie attuali -
- RISORSA: Somma delle riserve più i materiali e le quantità che potrebbero diventare economicamente sfruttabili -



1 barile = 159 litri

- Nel 1971, riserve stanziate in 578 mrd di barili e consumo annuo 17,4 mrd
→ Durata prevista: 33 anni

- Nel 1991, vengono scoperti giacimenti per altri 798 mrd di barili, ma i consumi annui tra il '71 e il '90 era di 498 mrd di barili, contro i 348 mrd previsti nel '71 -

→ Nel '90, il consumo era 23,5 mrd barili/anno

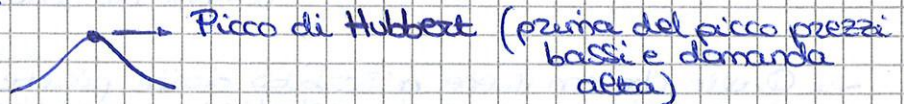
→ Durata prevista: 41 anni

Lez. 2

2/10/13

3 possibilità:

- 1 - Crescita rapida e collasso
- 2 - Produzione costante e collasso
- 3 - Curva di Hubbert



→ la durata dell'era dei combustibili fossili è destinata comunque ad essere inferiore alla durata della civiltà umana -

②

IMMISSIONE DI RESIDUI

Componente abiotica ciclettore



- Consumando più O_2 , i detrittori ne hanno meno a disposizione, e non avendo grande ricambio (meno portate di fiumi e laghi)

⇒ concentrazione di O_2 diminuisce

⇒ specie ittiche "preziose" muiono (zucchero d'letto, casue...)

⇒ diminuiscono le proprietà depurative dell'acqua -

③ COMPATIBILITÀ (SOSTENIBILITÀ) AMBIENTALE dello Sviluppo

⇒ Sviluppo Sostenibile = è uno sviluppo capace di soddisfare i bisogni del presente, senza compromettere le capacità delle generazioni future di soddisfare i propri -

- Patenza: prospettiva che la riduzione del patrimonio naturale ereditato dal passato comporta pericoli -

↳ cerchiamo di conservare il patrimonio naturale che abbiamo, tentando di incrementarlo (atteggiamento prudentialistico)

- Grazie alla ricerca siamo riusciti a capire quali erano i pericoli, e come fare per migliorare le prestazioni -

→ DEFINIRE DELLE REGOLE DI COMPORTAMENTO IN CASO DI PERICOLO, IN MODO DA POTERLE RISPETTARE NEL CASO -

- Atteggiamento prudentiale (sostenibilità forte) [voorsticht]
- Atteggiamento meno prudentiale (sostenibilità debole)

↳ trovare le misure per migliorare i rendimenti senza penalizzare l'ambiente -

⇒ COMPATIBILITÀ ECONOMICA (crescita del capitale prodotto dall'uomo)

$\text{Benefici} - \text{Costi} > 0 \Rightarrow \text{Bilancio economico} > 0$

In termini sociali, e non individualistico

- Tutte le volte che decido di costruire un'autostrada lo faccio per tutti, non perché serve a me -

→ stabilisce la incompatibilità dello spreco

⇒ COMPATIBILITÀ ECOLOGICA

$\text{Beneficio biologico} - \text{costo biologico} > 0 \Rightarrow \text{Bilancio biologico} > 0$

- Costi biologici = danni, impatti e modifiche definite negative -

PAESAGGISTICO

- Minimo impatto "negativo" sul paesaggio
- Impatto "negativo" < soglia d'impatto accettabile (soglie)
- Massimo beneficio → massimo impatto "positivo" [opere di compensazione]
- Benefici - costi (paesaggistici) ≥ 0

Bilancio paesaggistico ≥ 0

→ FORTE → Tutti i bilanci positivi

→ DEBOL → La somma di tutti i bilanci positiva

• Nel 1985 la UE stabilisce che "la migliore politica economica è quella che evita fin dall'inizio inquinamento e altre perturbazioni, anziché combatterne successivamente gli effetti"

"Occorre introdurre principi generali di valutazione d'impatto ambientale allo scopo di competere e coordinare le autorizzazioni dei progetti pubblici e privati che possono avere un impatto rilevante sull'ambiente"



V.I.A. (Valutazione impatto ambientale) di un'opera

V.I.A.: procedura tecnico-amministrativa

① Individuare, descrivere e stimare gli effetti dei progetti



② Valutare la compatibilità ambientale dell'opera

[OBIETTIVI: autorizzare solo progetti che]

[Rigezionano la qualità della vita]

[Garantiscono elevati livelli di tutela e qualità dell'ambiente]

Dovrebbe consentire la scelta di un'opera ad impatto minimo in un sito ottimale

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: costituita da

- diversi elementi eterogenei e conflittuali

• ETEROGENITÀ → problemi confrontabili tra diversi tipi di impatto

↳ (ex. economia ed ecologia)

• CONFLITTUALITÀ DEGLI OBIETTIVI → compromesso tra guadagno e perdita

VIA-VAS

- La valutazione di progetti e di piani è regolata dalle PROCEDURE DI VALUTAZIONE AMBIENTALE.

VAS (Valutazione Ambientale Strategica)

→ I piani vengono usati per normalizzare tutti i beni di uso comune (terreni, acque...) fino ai piani regolatori.

PROGETTI → Procedura di VIA

PIANI
(di interesse
territoriale)

: Strumenti di valutazione e sviluppo di alcuni territori

PIANI → Procedura di VAS

VIA

I soggetti attivi del procedimento sono:

- Il committente dell'opera (proponente)
- Pubblico
- Autorità amministrativa (decisore)

LIVELLI e GERARCHIE

① UE: Sono obbligatori tutti gli elementi e immediatamente applicabili
↳ Direttive Comunitarie

② STATO: DPR
DPCM
DM (decreto ministeriale)

③ REGIONE: Legge regionale

→ UNA NORMA DI LIVELLO INFERIORE NON PUO' ESSERE IN CONFLITTO CON UNA DI LIVELLO SUPERIORE, E NON POSSONO ESSERE PIU' RESTRITTIVE (al max. di più) ←

④ PROVINCIALE: amministrazione provinciale

⑤ COMUNALE: amministrazione comunale

Art. 5) CRITERI PROCEDURALI: Nel caso di progetti sottoposti a VIA, gli Stati membri adottano le misure necessarie, e devono fornire le info specificate -

- Una descrizione del progetto
- Una descrizione delle misure contro gli effetti CO
- Una descrizione delle alternative prese in esame
- Una sintesi non tecnica delle info precedenti
- I dati necessari per individuare gli impatti

• Le info devono essere messe a disposizione:

- delle autorità
- dei cittadini
- degli Stati interessati da eventuali effetti CO

Vedere 11/97 CE (opere con obbligo di procedura VIA)

LIVELLO NAZIONALE E REGIONALE

• Legge 8/7/86 n. 349: istituito il Ministero dell'Ambiente -

DM 377 = istituzione delle procedure di VIA -

DM 27/12/88 = Norme tecniche per la redazione degli SIA (consente finalmente l'avvio operativo della procedura) -

↳ L'Italia si è dimenticata delle opere dell'Allegato II, e solo nel '96 viene fatto il documento che lo concerne -

↳ DM 12/4/96: delega del governo alle regioni sulle procedure VIA -

DM 377 del 10/8/88 + integrazioni: soglie dimezzate per i progetti completamente in area protetta -

→ Gli ultimi aggiornamenti prevedono un riordino delle procedure di autorizzazione e del coordinamento dei progetti ad impatto ambientale -

• Esistono comunque delle deroghe a seconda delle necessità del territorio e dell'utenza -

↳ Nel frattempo valute le alternative, in quanto la deroga fa un tempo limitato di autorizzazione -

→ Lo studio preliminare serve a risparmiare costi economici e di tempo, e a snellire il processo burocratico, con l'individuazione dello "Scoping", cioè dell'obiettivo da perseguire -

• OPERAZIONE DI SCREENING = "scematura" di tutto ciò che non è assoggettabile alla VIA -

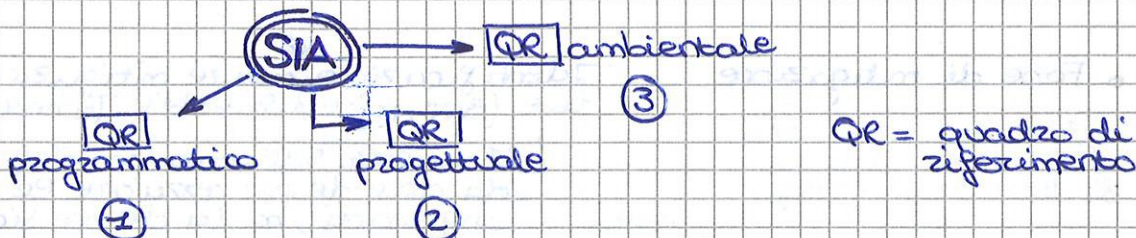
SIA DPR 27/12/88 (Norme tecniche per la redazione del SIA)

↳ Le informazioni che il committente deve fornire comportano:

- Descrizione del progetto (ubicazione, ...)
- vedi pag. precedente

→ Definire:

- Come deve essere articolato un SIA



① Ha il compito di descrivere gli elementi conoscitivi in grado di stabilire un rapporto tra l'opera e la pianificazione territoriale e settoriale.

↳ Serve per valutare la CONGRUENZA con piani e/o programmi e controllare che siano stati rispettati i vincoli.

② Ha il compito di presentare il progetto nelle sue modulazioni, nelle sue scelte tipologiche e localizzative.

↳ Serve per valutare il processo di ottimizzazione ambientale (econ., ambient., socio-cult., paesag.) del progetto.

③ Ha il compito di identificare i fattori d'impatto, analizzare e valutare la sensibilità del territorio, quantificare e valutare gli impatti, nell'ambito dei vari momenti progettuali.

- L'impatto di una centrale può essere valutato facendo un'analisi preli = mirale dell'aria e confrontandola con l'aria dopo l'apertura della centrale, e valutando i cambiamenti nella concentrazione degli inquinanti.

Nel DPR 27/12/88 le componenti e i fattori ambientali sono così definiti:

- 1) Atmosfera
 - 2) Ambiente idrico
 - 3) Suolo e sottosuolo
 - 4) Vegetazione, flora e fauna
 - 5) Ecosistemi
 - 6) Salute pubblica
 - 7) Rumore e vibrazioni
 - 8) Radiazioni ionizzanti e non
 - 9) Paesaggio
- } Sono fattori d'impatto, Non ambientale

→ Per la legge di Stefano hanno mischiato componenti ambientali e fattori d'impatto.

↳ la 5 ripropone le prime 4 nella loro visione d'insieme.

tep = tonnellate equivalenti di petrolio -

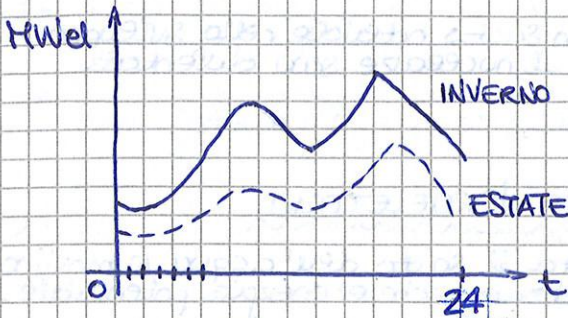
pci petrolio = $10^4 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$

potere calorifero

$[1 \text{ tep} = 10^3 \text{ kg pet} = 10^7 \text{ Kcal}]$

ENERGIA TERMICA

- L'andamento nel tempo della potenza richiesta dall'utenza è detta CURVA DI CARICO -



[Ex. cozico giornaliero]

- Un picco tra le 8 e le 10, un secondo picco dalle 16 alle 18

→ Centrali elettronucleari danno potenza di base, altri impianti di punta - le più veloci sono le centrali idroelettriche d'accumulo (1 min) -

- Gli impianti a modulazione soddisfano i carichi intermedi -

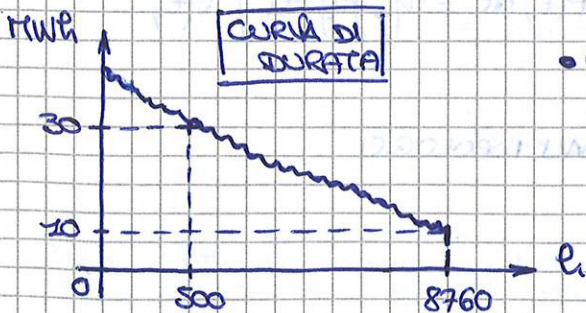
→ ENERGIA PRODOTTA IN UN ANNO A PIENO CARICO:

$$P_0 \cdot 8760 = \left[\frac{\text{MWel}}{\psi} \right]$$

[MW] [h/y]

- Nel caso di impianti a regolazione, la potenza prodotta in un anno è data da:

$$\int_0^{8760} P(t) dt \quad \boxed{\text{COEFF. DI UTILIZZAZIONE}} = \frac{E}{E_{\text{max}}} = \frac{\int_0^{8760} P(t) dt}{P_0 \cdot 8760}$$



- Questa curva è ricavata dalla precedente, andando a sommare il numero di ore in cui la richiesta assume un certo valore -

Bilancio Elettrico Italiano (GSE = Gestore Servizi Elettrici) 2011

- 24,3% Rinnovabile (81,2 TWh)
- 62% Tradizionale e pompaggio (207,7 TWh)
- 13,7% Importazione (45,7 TWh)

CURVA DI DURATA



$$\bar{v} = \frac{v_{max} + v_{min}}{2}$$

- Non occorre avere grandi turbine, in quanto se sposteremo poco perché danno grandi portate e hanno grandi costi di manutenzione.
- Le turbine piccole sprecheranno una parte dell'energia prodotta, si tende a farle funzionare il più possibile.

SERBATOIO DI ACCUMULO = in caso di carico di punta utilizzo e' acqua contenuta al suo interno per soddisfare la domanda, e sfruttato al meglio e massime portate derivabili.

Lez. 6

9/10/13

- Pompaggio = durante il periodo in cui offerta supera domanda (notte), sfruttare il minor costo dell'energia per riportare in quota e' acqua con la minor spesa possibile.

↳ Trasformano energia elettrica in energia potenziale. Questa energia viene accumulata in serbatoi per soddisfare il carico di punta.

(Eel) entrata nel pompaggio

(Eel) uscita dalla turbina → Generazione

$$(Eel)_u = \eta_T \eta_P (Eel)_e$$

$\eta_P = \eta$ pompaggio

$\eta_T = \eta$ turbina

E potenziale in accumulato

$$= \rho V g H u$$

- Per 1 kWh assorbito, restituisce 0,7 kWh. Il vantaggio sta nel di = verso prezzo dell'energia nei differenti momenti della giornata.

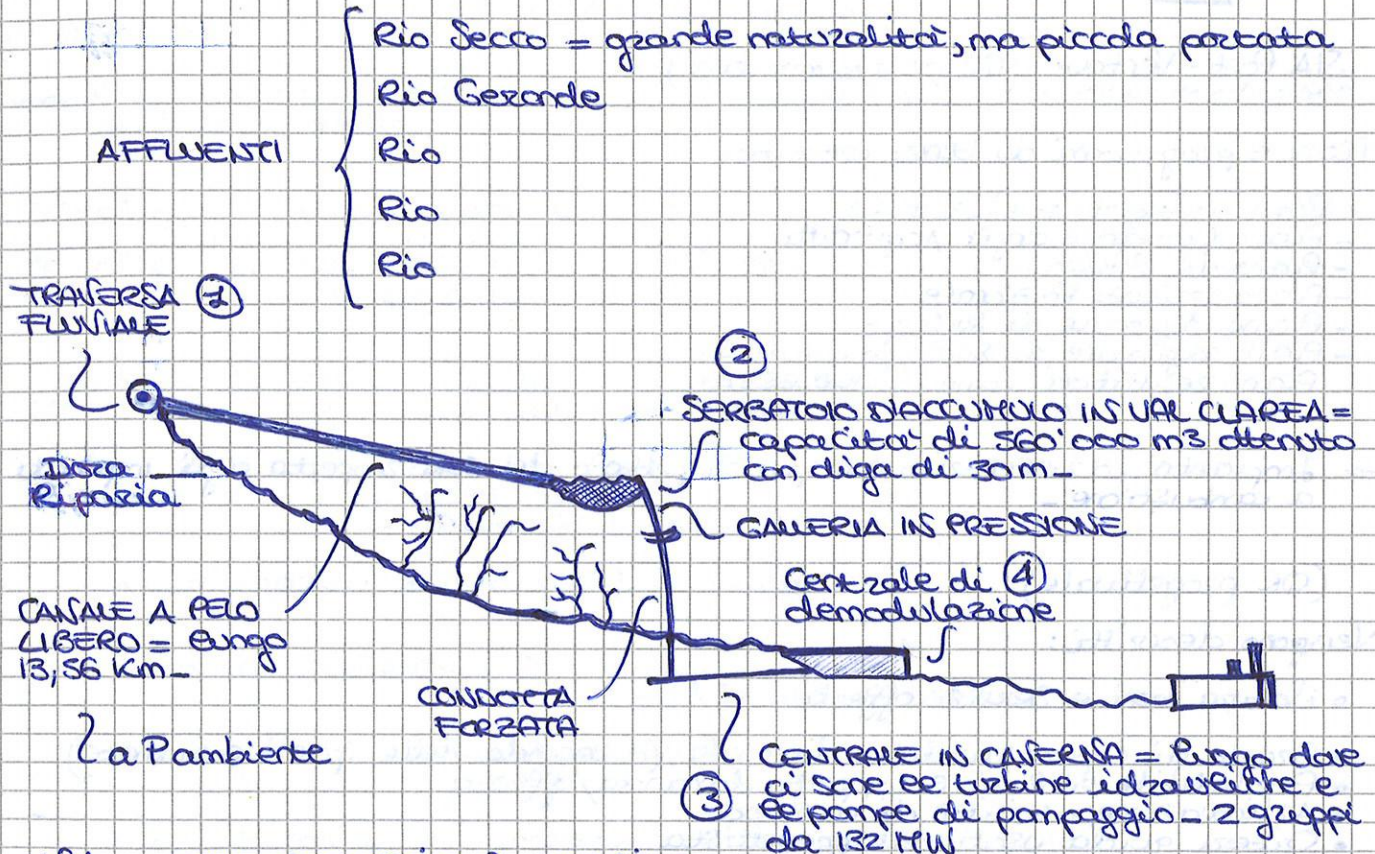
→ CONVENIENZA ECONOMICA se costo energia diversa >

> $\frac{1}{0,7}$ costo energia notturna

• Energia producibile all'anno: $47,15 \cdot 365 \cdot 24 = 413 \text{ GWh}$

↳ Tenendo conto della
l'media e l'el media

→ Nell'ottica di cominciare a pensare a una riduzione delle fonti di tipo NON RINNOVABILI, negli anni '90 si comincia a sfruttare meglio la portata d'acqua.



• Nel progetto successivo fu prevista la possibilità del zontaggio in quota, procedendo a zontato nello impianto.

① - La traversa fluviale è composta da una quindicina di paratie dislocate lungo il corso del fiume, per distribuire il carico ambientale.

② → Il serbatoio è stato pensato per dare meno problemi paesaggistici = stica possibile alla zona in cui è installato. Nonostante, le sue dimensioni sono notevoli. Inoltre, si è fatto in modo che il Rio Clarea NON passasse all'interno del serbatoio, perché degraderebbe la qualità delle sue acque.

↳ Quando serve e viene utilizzato viene poi restituito alla Doza Riparia, e non al suo percorso. Contribuisce così a migliorare la qualità della Doza.

③ - Essendo zona di fauna per il Frenz, la costruzione completamente in caverna evita di deturpare l'alto ambiente e di contenere l'impatto ad una zona circoscritta.

↳ Tutto interrato eccetto l'accesso in galleria e la prima parte

Altezza caverna: 48m.

+ FASE DI QUANTIFICAZIONE
MITIGAZIONE
COMPENSAZIONE

- ① 1° passo: scomporre il progetto nelle diverse fasi di attivit  previste
- localizzazione e costruzione
 - funzionamento
 - smantellamento
 - eventi incidentali

→ Ciascuna fase va a sua volta scomposta nelle azioni che sono suscettibili di produrre impatti.

2° passo: per ciascuna azione individuare le possibili cause di impatto

3° passo: per ciascun fattore individuare le o le componenti ambientali su cui agiscono.

LISTA DEI CRITERI PER VALUTARE LA SIGNIFICATIVIT 

- L'impatto  
 - di lunga durata?
 - irreversibile?
 - di notevole intensit ?
- Le mitigazioni sono impossibili o difficili?
- L'area interessata  
 - ampia?
 - sensibile all'impatto?
- Vi   gi  un elevato livello dell'impatto esistente?
- Vi   la pox di non rispettare gli standard di legge?
- Si possono verificare conflitti con gli usi del suolo e gli interventi?

INCERTEZZA

- La significativit    incerta per mancanza di info?
- Esistono metodi per mitigare questi impatti?

PERCEZIONE PUBBLICA

- Vi   attenzione adeguata del pubblico?
- Vi   elevato l'attenzione a livello politico?

TECNICHE RAPPRESENTATIVE → Matrici coassiali
→ Grafi

- Matrici coassiali: sono sistemi di matrici; ogni matrice   un elenco bidimensionale, quando si vuole mettere in relazione un elemento riga e un elemento colonna si mette in evidenza il punto d'intersezione.

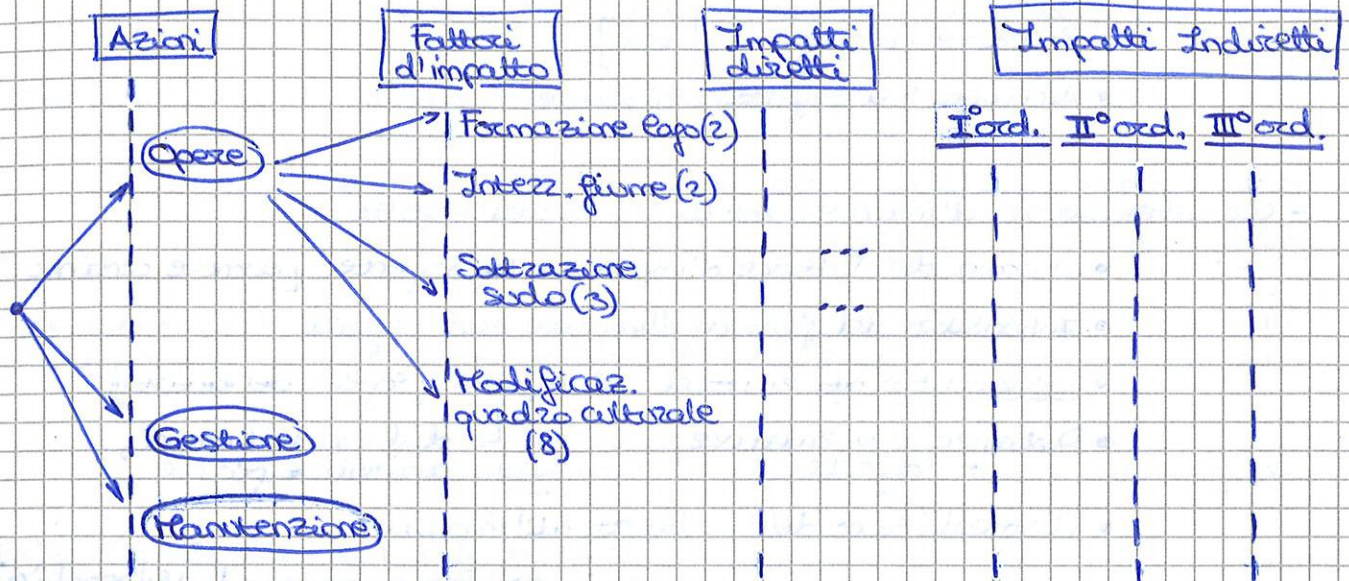
FATTORI IMPATTO	E1	E2	E3
AZIONI			
A1	•	•	
A2		•	•

- Le azioni sono le cause, i fattori gli effetti.

→ Grafo Pont-Ventoux (fase di esercizio)

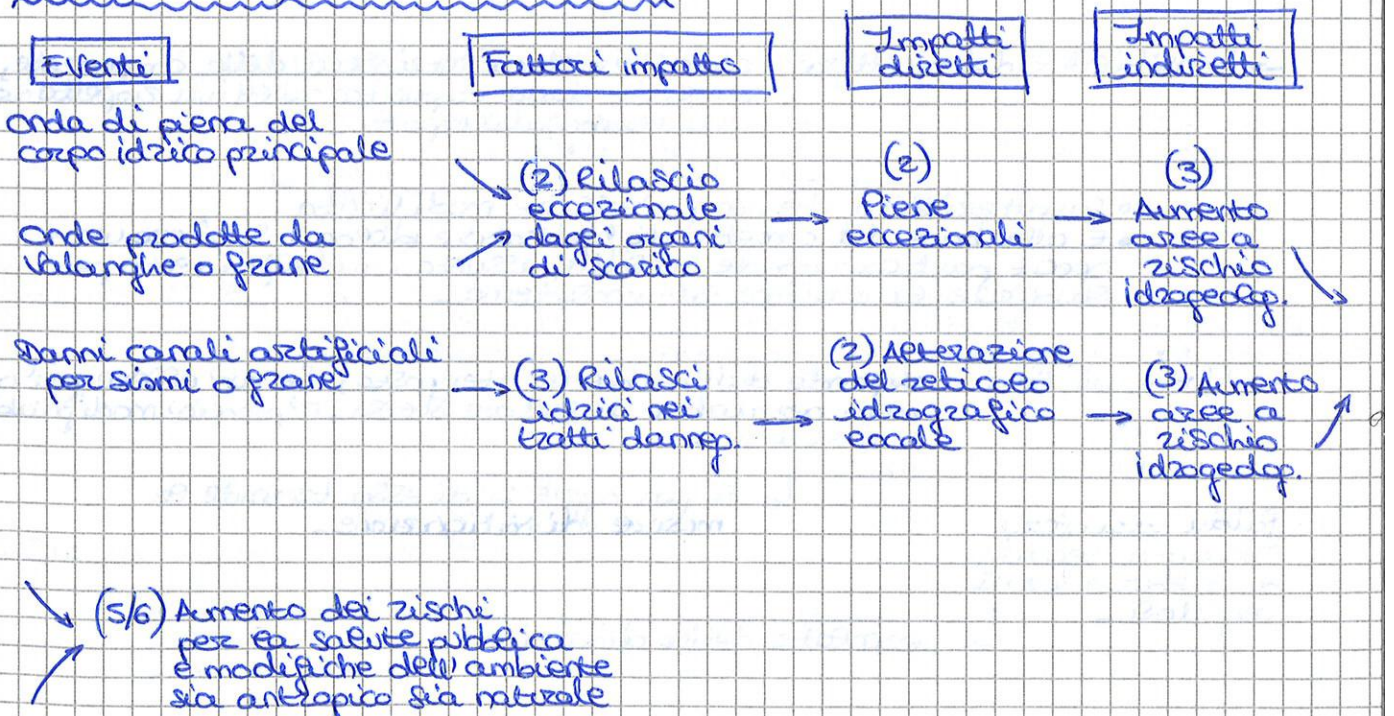
• Nel grafo ogni impatto diretto o indiretto è stato contrassegnato con un numero corrispondente alle voci delle componenti e dei fattori del DFCI.

2) Atmosfera } L'8 non c'è, sono scalati dal
 2) Ambiente idrico } 9 ad una posizione in meno.



- VEDERE LA SLIDE CON IL GRAFO DI PONT-VENTOUX -

Eventi incidentali a Pont-Ventoux



⇒ Vengono in questo modo individuate LE MAGGIORI CATENE DI IMPATTO, su cui concentrarsi nel secondo passo (quantificazione).

↳ Grafo è una struttura estremamente sintetica - consente di individuare in modo compatto le catene d'impatto del sistema in esame.

$$L = N \cup F$$

U = unire, non somma!

Es: Fattore d'impatto aumento traffico veicolare di 5000 veicoli/giorno -

Impatto di fondo: 70.000 veicoli/gg impercettibile
50 veicoli/gg molto percepibile

Fattore d'impatto inquinamento corpo idrico -

Impatto di fondo: ambiente già inquinato impercettibile
ambiente ad alta naturalità percepibile

→ Aetzi esempi sono gli scarichi sui versanti montuosi o le emissioni delle raffinerie; dove vengono messe in funzione diverse misure di mitigazione -

↳ Non bisogna pensare sia meglio inquinare dall'è già inquinato, perché' deve comunque stare sotto una certa soglia -

FASE PREVISIONALE DI QUANTIFICAZIONE

- Per ogni catena d'impatto:

- Analisi dello stato attuale (qualità) dei sottosistemi interessati
- Determinazione stato (qualità) futuro

Sfere di interesse

<ul style="list-style-type: none"> ↳ effetti sulla qualità e sicurezza ↳ effetti sulle altre specie ↳ effetti sui beni culturali - sociali 	}	determinati a livello europeo
---	---	----------------------------------

[GLI INDICATORI] = non esistono parametri fisici per la stima della qualità ambientale; essa deve pertanto essere espressa attraverso parametri a cui sia stata attribuita precedentemente una corrispondenza con la qualità in studio -

↳ Questi parametri assumono il nome di **INDICATORI AMBIENTALI** -

• Devono avere caratteristiche di:

- rilevanza e utilità per gli utilizzatori
- credibilità
- misurabilità

Ex. Qualità aria → concentrazione di

Livello qualità

- 1 ottimo
- 2 buono
- 3 mediocre

<ul style="list-style-type: none"> SO_x NO_x PM₁₀ PM_{2,5} PM₁₀ PM_{2,5} 	}	Indice degli indicatori costituito per la rappresentazione L particolato
--	---	---

TEMPERATURA DELL'ARIA

- L'aumento complessivo della T dell'aria al 2008 rispetto al periodo pre-industriale è dello 0,7°C. Questa tendenza, se confermata, può portare a:
 - un aumento della T media al 200 tra i 2°C e i 3,5°C
 - = aumento del livello dei mari e parziale scioglimento delle calotte polari, maggiore frequenza di uragani, tifoni, piene e inondazioni.

EFFETTO SERRA = Unità di misura è l'Armstrong ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-4} \text{ \mu m}$) e la correlazione che lega λ e l'energia dell'onda con f vale:

$$E = h \cdot \nu$$

$$[J] \quad [Js] \quad [1/s]$$

Essendo $\lambda \cdot \nu = c \rightarrow$

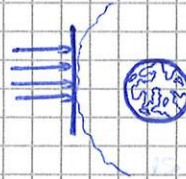
$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

L'energia prodotta da $\lambda > 2,2 \text{ \mu m}$ è praticamente trascurabile, mentre il contributo massimo si ha per $\lambda = 0,48 \text{ \mu m}$.

→ L'energia azziata sulla Terra e viene rimessa con λ molto \neq , bassa energia (campo infrarosso). Se la Terra si carica di determinate sostanze e la radiazione emessa dalla Terra non riesce ad uscire, e la Terra si scalda.

$$(1 - \alpha) \left(\frac{P}{A} \right) i \cdot \pi R^2 =$$

$$= 4\pi R^2 \epsilon \sigma T^4$$



$$\Rightarrow (1 - \alpha) \left(\frac{P}{A} \right) i = 4\epsilon \sigma T^4$$

Supponendo $\alpha = 0,3$, con $E = i$ la T avrebbe una T di -18°C , questo vuol dire che assorbe la radiazione solare, con diverse sostanze che assorbono λ diverse.

↳ Ogni sostanza assorbe in un punto diverso dello spettro, a seconda della λ .

→ Nel campo dell'infrarosso i maggiori assorbenti sono:

- CO₂
 - Vapore acqueo
 - Metano
 - Protossido di azoto
 - Gas fluorati
- } SOSTANZE CLIMATEMENTI

- Il vapore acqueo varia la sua concentrazione a seconda dell'estensione di mari e oceani, mentre non ha nessuna influenza sulle attività umane.

HFC (idrofluorocarburi)

(idrodorofluorocarburi)

HCFC derivano dagli ALCANI [C_nH_{2n+2}]

(metano, etano, propano, butano, pentano...)

Sostituiscono all'H delle altre sostanze (cloro o fluoro)

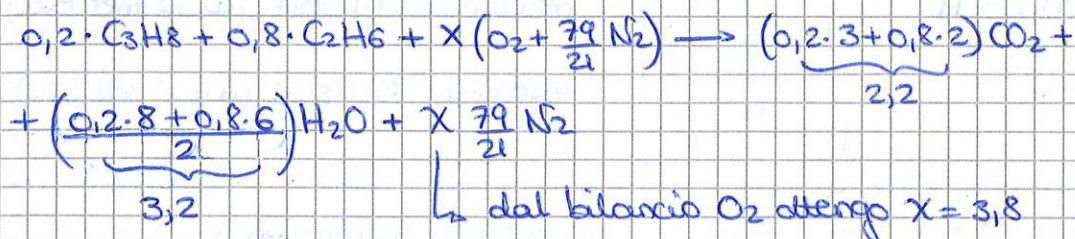
Bilanciando la reazione:

- $a = 1$ (bilancio atomi C)
- $b = 2$ (bilancio atomi H)
- $x = 2$ (bilancio atomi O)

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mole } CH_4 = 16 \text{ g } CH_4/\text{mole} \\ 1 \text{ mole } CO_2 = 44 \text{ g } CO_2/\text{mole} \end{array} \right\} \frac{m_{CO_2}}{m_{CH_4}} = \frac{44}{16} = 2,75$$

→ Basta fare il bilancio dei pesi molecolari.

Ex. Miscela gassosa 20% propano C_3H_8
80% etano C_2H_6



$$\frac{m_{CO_2}}{m_{fuel}} = 2,2 \frac{\text{mole } CO_2}{\text{mole } fuel} \cdot \frac{44 \text{ g } CO_2}{\text{mole } CO_2} \cdot \frac{1}{\text{AF } fuel} \left[\frac{\text{mole } fuel}{\text{g } fuel} \right]$$

$$\text{AF } fuel = 0,2 \cdot \text{AF } C_3H_8 + 0,8 \cdot \text{AF } C_2H_6 = 0,2 \cdot 44 + 0,8 \cdot 30 = 32,8 \text{ g/mole}$$

$$\Rightarrow \frac{m_{CO_2}}{m_{fuel}} = \frac{2,2 \cdot 44}{32,8} = \boxed{2,95}$$

Petrolio 0,83 gC/gfuel



$$\frac{m_{CO_2}}{m_{fuel}} = \frac{44}{12} \left[\frac{\text{g } CO_2}{\text{g } C} \right] \cdot 0,83 \left[\frac{\text{g } C}{\text{g } fuel} \right] = \boxed{3,04}$$

② È la quantità di calore estraibile dalla combustione completa di un'unità di massa di combustibile, quando sono riportati alla T standard di riferimento.

PCI è riferito all'acqua di reazione allo stato finale di vapore nei prodotti di combustione.

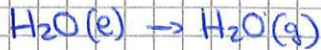
prima della reazione \leftarrow PCS \rightarrow PCI

PCS = K PCI dove K dipende dalla quantità di H_2O prelevata.

Lez. 11

22/10/23

PCI → opposto dell'entalpia di formazione in fase GASSOSA
 PCS → opposto dell'entalpia di formazione in fase LIQUIDA



$$\Delta H_{fg} = -57,8 + 68,3 = 10,5$$

$$\left[\frac{\text{Kcal}}{\text{mol H}_2\text{O}} \right]$$

$$r = 10,5 \cdot \frac{4,186}{18} \cdot 1000 = \boxed{244,8 \text{ KJ/kg H}_2\text{O}}$$



$$(PCS - PCI)_{fuel} = 244,8 \cdot 3,2 \cdot \frac{18}{32,8} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{1000} =$$

$$\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]_{fuel} \cdot \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg H}_2\text{O}} \right] \cdot \left[\frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol fuel}} \right] \cdot \left[\frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{mol H}_2\text{O}} \right] \cdot \left[\frac{\text{mol fuel}}{\text{g fuel}} \right] \cdot \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{g H}_2\text{O}} \right] \cdot \left[\frac{\text{g}}{\text{kg}} \right]$$

$$= \boxed{4288 \text{ KJ/kg fuel}}$$

$$PCS_{fuel} = 47307 + 4288 = \boxed{51595 \text{ KJ/kg}}$$

COMBUSTIBILI LIQUIDI

• Metano CH_3OH



↳ aria usata come comburente

- Dal bilancio dell' O_2 otteniamo $\frac{1}{2} + x = 1 + \frac{1}{2} \rightarrow \boxed{x = \frac{3}{2}}$

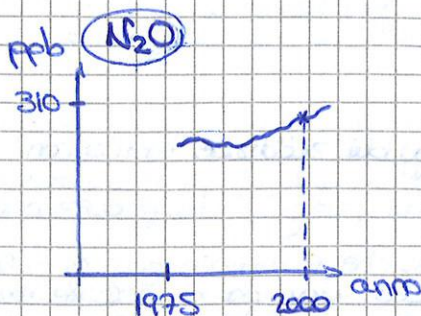
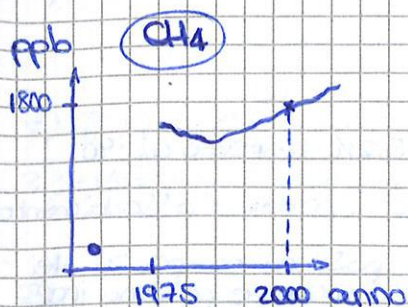


$$PCI_{metano} = (94,05 \cdot 1 + 57,8 \cdot 2 = 57,02) \cdot 4,186 \cdot \frac{1}{32} \cdot 1000 =$$

$$\left[\frac{\text{Kcal}}{\text{mol CO}_2} \right] \cdot \left[\frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol fuel}} \right] \cdot \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{mol H}_2\text{O}} \right] \cdot \left[\frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol fuel}} \right] \cdot \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{mol fuel}} \right] \cdot \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kcal}} \right] \cdot \left[\frac{\text{mol fuel}}{\text{g}} \right] \cdot \left[\frac{\text{g}}{\text{kg}} \right]$$

$$= \boxed{19963 \text{ KJ/kg fuel}}$$

- I settori che contribuiscono di più sono le industrie energetiche e i trasporti.



ppb = parti per bilione

- PERDITE INCONSUMABILI (specie metano) = durante il trasporto all'interno dei condotti, dove viaggiano a pressioni più alte, ci sono delle perdite di distribuzione del metano.

- Nelle emissioni di METANO CH₄ i contributi maggiori sono dati da:

- settore dell'agricoltura
 - rifiuti e smaltimento
- } il settore energetico conta solo per il 20%

- Nelle emissioni di N₂O (PROSSANO o Azoto) i contributi azionano:

- Settore civile
- agricoltura e pesca
- trasporti

→ N₂O nell'agricoltura emesso a causa dei fertilizzanti, zirconio di N. Altro settore sono le sottoproduzioni industriali, maggior contributo dato da un'azienda piemontese di vernici chimiche.

EMISSIONI DEI PAESI ANNEX 2

- Non calcolano gli assorbimenti dal parte di terra e vegetazione, solo le emissioni.
- ↳ Sviluppo secondo il protocollo di Kyoto, o in via di espansione e sviluppo.

→ Germania: grandi diminuzioni (negli anni 90 la riunificazione mise a chifzanto zaltat molto l'diverse, ora migliore sfruttamento).

→ Regno Unito: forte diminuzione (sfruttano molto meglio, prima non ci facevano caso perché le fonti erano molto presenti nel territorio e quindi costavano poco).

|| Dal 1990 aumento del 45,4% nelle emissioni dei paesi emergenti, mentre sono diminuite quelle dei paesi industrializzati.

MECCANISMI DI FLESSIBILITÀ = Si può cooperare tra i vari paesi con programmi di cooperazione internazionali anche tra paesi a diverso grado di sviluppo, in modo che gli "ENERGISTICI" non campino gli stessi ezzei di questi "SILURANTI" -

- 1) JOINT IMPLEMENTATION = Sostenibilità tra paesi dell'annex 1
- 2) EMISSION TRADING = commercializzazione delle emissioni tra paesi sviluppati, scambiandosi i crediti di CO₂ avanzati -
- 3) CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM = i paesi possono acquistare crediti di CO₂ puntando sullo sviluppo "pulito" -

Il 2) tra i paesi annex possono creare situazioni paradossali:

- In caso di recessione economica può avere grandi crediti di CO₂, che non crea incentivi al paese nell'aumentare l'efficienza energetica, mentre aumenta la sua pos di uscire dalla crisi -
- I paesi con maggiore forza economica, al posto di aumentare l'efficienza energetica, sono interessati ad acquistare i crediti di CO₂ dei paesi in recessione -

Il 3) ha lo svantaggio che i paesi sviluppati potrebbero rivetare in vendita anche nel caso di aumento delle emissioni (no più crediti) -

SANZIONI del Protocollo

- 1 - Ammontare % in eccesso rispetto agli obiettivi maggiorati del 30%
- 2 - Può essere escluso dalla partecipazione a uno o più meccanismi flessibili

LE QUOTE dell'Unione Europea tramite le direttive

- Per ogni tonnellata di CO₂ emessa in eccesso dagli operatori, essi dovranno pagare una multa pari a 40 euro nel periodo 2005-2007, e pari a 100 euro nei periodi successivi -

→ Si impone agli Stati membri l'allestimento di un piano nazionale con l'assegnazione di permessi di emissione ai singoli impianti di alcuni settori produttivi -

- Conviene pagare la multa o comprare crediti di CO₂? Dipende dal prezzo di questi ultimi, a seconda del momento e/o mercato di riferimento!

- NORMATIVA ITALIANA E SUOI OBIETTIVI -

Il "piano di assegnazione nazionale" delle quote di CO₂ ha stabilito i valori limite per le emissioni nei periodi 2005/2007 e 2010/2012 -

↳ Le quote variano in base all'efficienza energetica e alla capacità produttiva dell'impianto -

→ Le quote sono espresse in tonnellate di CO₂ -

• In ozonofera



$$P = P_0 e^{-az}$$

$$a \approx 0,116 \text{ km}^{-1}$$

→ Essendo l'ozonofera a $z = 23 \text{ km}$

$$P_{\text{ozonof.}} = 1 \cdot e^{-0,116 \cdot 23} = \boxed{0,07 \text{ atm}}$$

APPLICAZIONE LEGGE DI DALTON

Concentrazione in ozonofera = 5 ppm

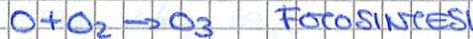
$$P_{\text{O}_3 \text{ in ozonofera}} = 5 \cdot \frac{1}{10^6} \cdot 0,07 \cdot 1,013 \cdot 10^5 = 0,035 \text{ Pa} = \boxed{35 \text{ mPa}}$$

[ppm] $\left[\frac{\text{m}^3 \text{O}_3 / \text{m}^3 \text{atm}}{\text{ppm}} \right]$ → uguale al rapporto tra le mol.

ASSOTTIGLIAMENTO DELLO STRATO DI OZONO

- L'ozono è in grado di schizzolare quasi completamente la radiazione UV-A violetta e quella pericolosa per la nostra salute. Il suo assottigliamento preoccupa per questo motivo.

↳ La concentrazione nell'ozonofera è dovuta ai raggi UV, che scampanano le molecole di O_2 in atomi di O che si combinano con altre O_2 dando origine ad O_3 .



A causa del suo forte potere d'assorbimento di UV l'ozono subisce una scamposizione molecolare, che varia a seconda della quota.



Buco NSW ozono = scoperto nell'85 in Antartide, particolarmente evidente ad ottobre (e a primavera!) - Consiste in una diminuzione della concentrazione dell' O_3 .

UNITA' DI MISURA: Unità Dobson, spessore in millesimi di centimetro che avrebbe l'ozono atmosferico se fosse portato tutto a condizioni nocive di pressione e temperatura (1 atm, 0°C)



→ Il range normale è tra i 300 e i 500 DU (3 ÷ 5 mm)

• Per m^2 lo spessore dello strato d'ozono è compreso tra i 3 e i 5 mm, cioè l'area coperta dalla colonna.

{ Nel '98 record con < 220 DU (come l'Australia e la diminuzione)
 { Nel '94 al Polo Sud (128/9) 88 DU L'area coperta

Lez. 14

29/10/13

• Le sostanze contenenti idrogeno sono più instabili di quelle senza -

- Aumentare C fa aumentare ODP
- Aumentare F fa aumentare GWP

+ INDICATORE (D): produzione di sostanze lesive per l'ozono atmosferico

OGGETTI DELLA NORMATIVA = attraverso il protocollo di Montreal (1987) gli stati si impegnano a stabilizzare, ridurre e bandire i prodotti dannosi per lo strato di ozono -

→ Anche interzampando l'emissione di queste sostanze, la quantità di esse già immesse nell'atmosfera continueranno a danneggiare lo strato di ozono ancora per qualche tempo - Solo dal 2005 inizia il ripristino della fascia di ozono che non si concluderà prima del 2060 -

↳ Sempre non vengono immesse altre sostanze -

ESERCIZIO - Dimostrare il motivo della differenza delle curve energetiche

1990

2007

$$\text{Variazione \% consumi energetici} = \frac{194,3 - 164,6}{164,6} = 18\%$$

$$\text{Variazione \% emissioni CO}_2 = \frac{475,49 - 435,01}{435,01} = 9,3\% \rightarrow \text{aumento minore}$$

- Nel 1990 quanta CO₂ è stata emessa per combustione (gas nat + petrolio)?

$$\begin{matrix} \text{CO}_2 \\ \text{emessa} \end{matrix} \quad 164,6 \cdot 10^6 \cdot 4,186 \cdot 10^4 \cdot \left\{ \begin{matrix} 0,5622 \\ \text{kg CO}_2 \\ \text{kg petrolio} \end{matrix} \cdot \begin{matrix} 0,075 \\ \text{kg CO}_2 \\ \text{kg petrolio} \end{matrix} \right\} = \quad \boxed{1990}$$

$$\begin{matrix} \text{CO}_2 \\ \text{emessa} \end{matrix} \quad \left\{ \begin{matrix} 0,2374 \\ \text{kg CH}_4 \\ \text{kg} \end{matrix} \cdot \begin{matrix} 0,056 \\ \text{kg CO}_2 \\ \text{kg CH}_4 \end{matrix} \right\} \cdot 164,6 \cdot 10^6 \cdot 4,186 \cdot 10^4 =$$

} coefficiente d'emissione del gas naturale

$$\Rightarrow \text{Tot: } 38,21 \cdot 10^{10} \text{ kg CO}_2$$

• In Mitonellate avremo $38,21 \cdot 10^{10} \text{ kg CO}_2 = 382,1 \text{ Mtan CO}_2$ (non tiene conto del carbone)

- Nel 2007 per ottenere 194,3 Mtep se avessi usato lo stesso % del 1990 avrei avuto lo stesso calcolo, cambiando solo il primo termine (aumenterebbe dunque le emissioni, con 451,1 Mte di CO₂) e quindi la variazione % sarebbe stata:

$$\frac{451,1 - 382,1}{382,1} = \boxed{18\%}$$

IPA nel 2007 variano le % di CH₄ e petrolio: $\left\{ \begin{matrix} \text{CH}_4 36,05\% \\ \text{petrolio } 42,44\% \end{matrix} \right.$



- Passano: - acidificazione corpi idrici } può dunque interferire con
- acidificazione il suolo } la vita dell'uomo -

→ La componente biotica a contatto diretto è la vegetazione, a causa della permeabilità dei pori delle sue foglie -

↳ L'impatto dipende dal tipo di suolo e dalla sua sensibilità alle deposizioni acide -

CARICO CRITICO = Effetto max di immissione di sostanze acidificanti che si ritiene non produca significativi effetti nocivi -

↳ È una mappatura della sensibilità dei diversi tipi di suolo -

Lez. 15

30/10/13

- In Italia carico critico è piuttosto elevato, suolo abbastanza resistente alle precipitazioni acide -

EFFETTI SULLA VEGETAZIONE

DEPOSIZIONE SULLE PIANTE: sostanza + pericolosa è l' SO_2 (an. sferzosia), meno l' SO_3 e gli NO_x . Entrano attraverso gli stomi e si depositano in concentrazione tossica, causa zone necrotiche. Ogni pianta ha resistenza ≠. Le più sensibili (indicatori) sono erba medica e castagno -

ACIDIFICAZIONE TERRENO: nei suoli privi di calcare gli inquinanti acidi passano a liberare ioni metallici, spesso tossici per le piante e pesci. Il più pericoloso è alluminio trivalente, che si sostituisce al calcio nei legami dei peeli zedici della pianta - Senza effetto incendio -

EFFETTI GLOBALI

- Le nazioni più colpite sono quelle su cui, per effetto dei venti dominanti, si scaricano le nubi acide prodotte anche in altri paesi -

↳ Particolarmente evidente in Canada (prende nubi USA) e in Scandinavia (prende tutte le nubi europee) -

In Germania è l'8% del patrimonio boschivo è stato danneggiato, mentre la diminuzione di PH ha portato in Scandinavia alla scomparsa di alcune specie animali e vegetali -

EFFETTI SUI MATERIALI

= la pioggia acida attacca quotidianamente le strutture edili, dai ponti di acciaio ai monumenti -

→ Attacca le pietre calcaree: l'acido solforico reagisce con carbonato di calcio e lo trasforma in solfato di calcio (gesso), solubile e quindi meno resistente -

- Acido solforico può anche attaccare il cemento armato -
- Attacca anche maltoni, malte e materiali come il zame -

- Effetto lento, ma cozzaSub!

• La Germania in particolare ha ridotto in 9 anni le sue emissioni del 76%, probabilmente a causa della chiusura di molte fabbriche altamente inquinanti nella Germania dell'Est.

→ Le riduzioni di NO_x dal 1990 al 2000 è stata del 52%, 85% nel settore dell'energia e della trasformazione energetica - Per i trasporti stradali la riduzione è stata solo del 44% (difficile fare tanti controlli).

OBIETTIVI NORMATIVI

- Limite NO_x : 1000 kt/anno
 - Nazionale: 990 kt/anno
- } Sono stati rispettati e in molti casi anche superati.

+ Emissioni totali di sostanze acidificanti (Italia)

→ Entra in gioco un fattore di equivalenza, e' EQUIVALENTE ACIDO (gH^+/kg)

$\text{SO}_x = 31,25$	} Valori delle sostanze pericolose, diversi tra loro.
$\text{NO}_x = 21,74$	
$\text{NH}_3 = 58,82$	

• Le emissioni vanno moltiplicate per il loro equivalente acido, in modo da ottenere e l'impatto.

n = indice d'aria

E = eccesso d'aria

$$\left[n = \frac{\text{Materia comburante}}{\text{Materia comb. stechio}} \right]$$

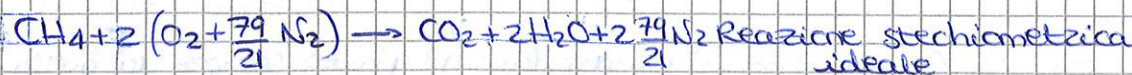
$$E = \frac{\text{Materia comb}}{\text{Materia st}} - 1$$

$$\left[E = \frac{\text{Materia comburante} - \text{Materia stechio}}{\text{Materia stechio}} \right]$$

⇒ $E = n - 1$ (numero puro)

Lez. 16

1/11/13



• Nella realtà non c'è questo caso ideale, si formano altri prodotti, ma i conti vengono fatti sui casi ideali.

→ L' O_2 libero nei prodotti è legato al quantitativo di aria utilizzata.

In quelle stechio ideali l'indice d'aria è uguale a 1, mentre non l' O_2 libero.

- Quanto è n per avere il 3% di O_2 nei fumi secchi (per normalità)
 ↳ in volume, sono percentuali volumetriche!

ANIDRO

- Come sono variati i limiti nel tempo? Variano anche in base ai sistemi di controllo e all'efficienza dell'impianto.

→ VALORI LIMITE DI SO_x e NO_x PRODOTTI DAI BRUCIATORI: Variano

- a seconda dello stato fisico del combustibile
- a seconda della data di costruzione dell'impianto
- a seconda della potenza termica

- Impianti nuovi	$\left\{ \begin{array}{l} 50-100 \text{ MW} \\ 100-300 \\ > 300 \end{array} \right.$	850 mg/Nm ³	L costo dei controlli massimale in quelli grandi
		850-200	
		200	
- Impianti vecchi	$\left\{ \begin{array}{l} 50-100 \\ 100-300 \\ > 300 \end{array} \right.$	2000	→ Hanno piccoli margini, perché non avevano tutta la tecnologia che abbiamo oggi.
		2000-400	
		400	

- Anche se combustibile non contiene N₂, ad alte T vengono a crearsi degli NO_x a partire dall'azoto e dall'O₂ contenuti nell'aria.

MISURA DELLE EMISSIONI

- Come passo dalla concentrazione a quella da confrontare con i limiti di legge?

mg/Nm³ - Il monitoraggio richiede la misura di:

- T e P dell'effluente
- Portata volumetrica dell'effluente
- Composizione dell'effluente

→ F portata può essere riportata alle condizioni di riferimento, con la relazione:

$$F_r = F_m \cdot \frac{P_r T_m}{P_m T_r}$$

m = misura
R = riferimento

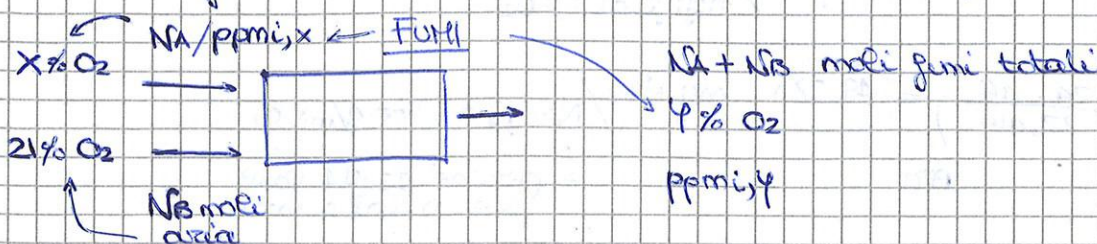
- Il confronto tra i valori misurati dall'analizzatore e quelli stabiliti dalla normativa richiede la correzione dei dati rilevati, che devono essere riportati alle condizioni di riferimento.

$$C_{i, \text{totale}} = \frac{m^3_i}{m^3_{\text{totale}}}$$

$$C_{i, \text{sechi}} = \frac{m^3_i}{m^3_{\text{sechi}}} = \frac{m^3_i}{m^3_{\text{totale}} - m^3_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$\frac{\frac{m^3_i}{m^3_{\text{fumi totale}}}}{1 - \frac{m^3_{\text{H}_2\text{O}}}{m^3_{\text{fumi tot}}}} = \frac{C_{i, \text{totale}}}{1 - \text{CH}_2\text{O fumi umidi}}$$

- Nel caso vengono misurati su base umida, la cosa si complica:



$$200 \cdot \frac{1}{32} \cdot 22,414 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{373}{273} \cdot \frac{1}{1,1} = \boxed{0,1739} \frac{\text{m}^3 \text{O}_2}{\text{m}^3 \text{PS}} = \frac{\text{Nm}^3 \text{O}_2}{\text{Nm}^3 \text{PS}}$$

L cioè il 17,39%

$$E_{\text{NO}_2} |_{15\% \text{O}_2} = 49,28 \cdot \left(\frac{21-15}{21-17,39} \right) = \boxed{81,89} \frac{\text{mg NO}_2}{\text{Nm}^3 \text{PS } 15\% \text{O}_2}$$

L Questo va confrontato
 i limiti della
 normativa

METODOLOGIE PER CONTENERE EMISSIONI

L Tecniche primarie
 Secondarie

- Primarie = vanno ad agire sul combustibile o sulla camera di combustione
- Secondarie = agiscono sui fumi

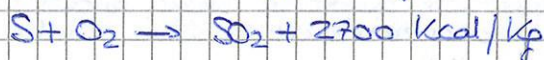
L dette "sistemi trattamento fumi"

- Le emissioni di SO₂ dipendono dalla quantità di zolfo contenuta nel combustibile - Vengono classificati in base alla percentuale in carbone, mentre nell'olio viene già ricordato il tenore di zolfo (% in peso) -

STZ	≤ 0,5%	% zolfo (in peso)
BTZ		
MTZ		
ATZ		

→ L'utilizzo di ATZ (XS ≥ 2,5%) è permesso solo per potenze > 50 MW_e

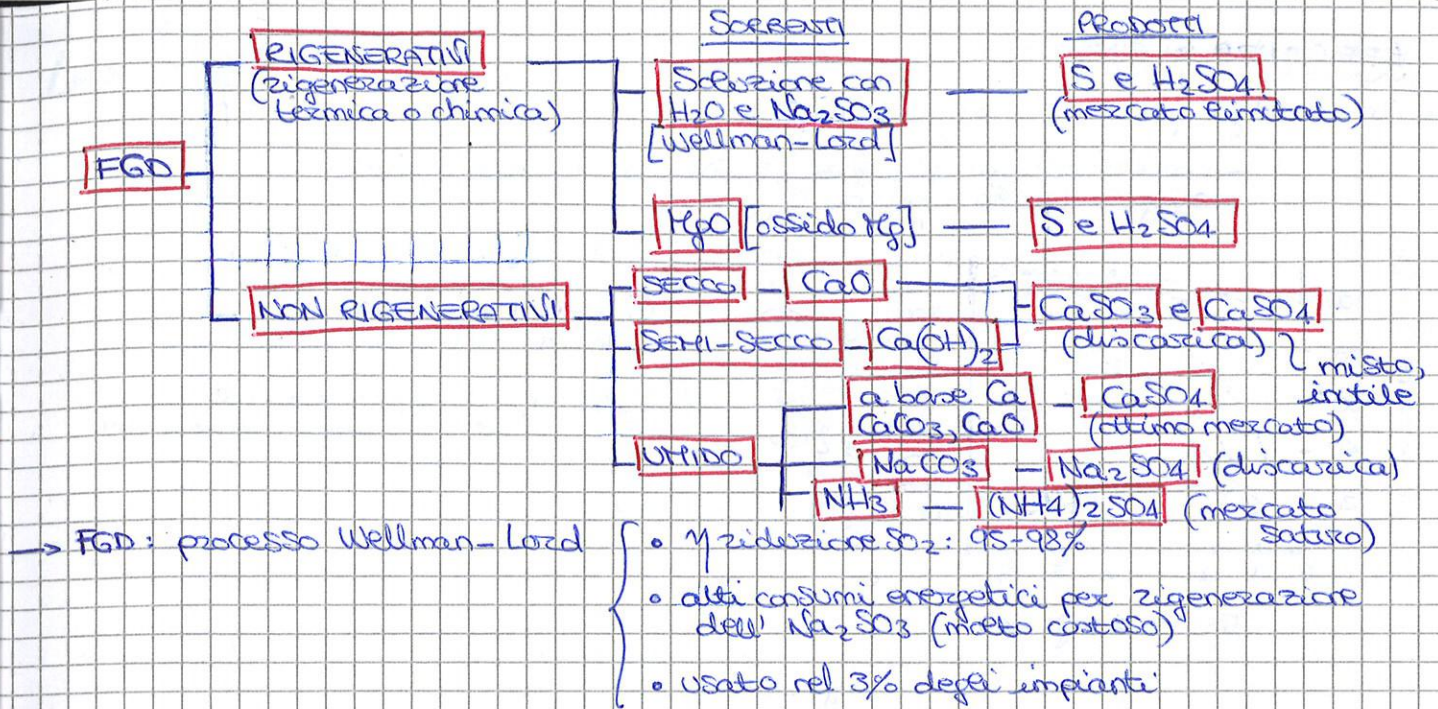
- Durante la combustione, lo zolfo si ossida con l'O₂ secondo le reazioni:



- Basso tenore di zolfo (BTZ) = rispettano la normativa senza bisogno di impianti di desolfatazione
- Alto tenore di desolfatazione (dove c'è calcare)

TECNICHE

- Utilizzo sostanze assorbenti in caldaia -



a secco

- Non consumiamo H_2O e non fra H_2O di zivetta
- η di riduzione SO_2 bassa (50-80%) } da purificare
- costo sorbente (2% impianti)

a semi-secco

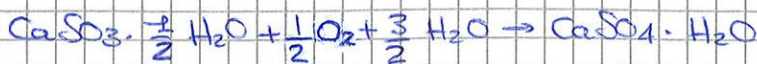
- η di riduzione 80-85%
- Si consuma H_2O
- Non abbiamo H_2O di zivetta da purificare
- Usato nell' 8% degli impianti

a umido

- 87% degli impianti
- η riduzione 92-98%

- Acqua sorbente per umido è e' **acqua di mare**, che crea **H_2SO_4** , ma essendo poco carbonato di K_2O deve pomparsi ed essere vicino al mare; inoltre non fa prodotti che non passano (anzi gettati in mare)

→ REAZIONE DESOLFORAZIONE ←



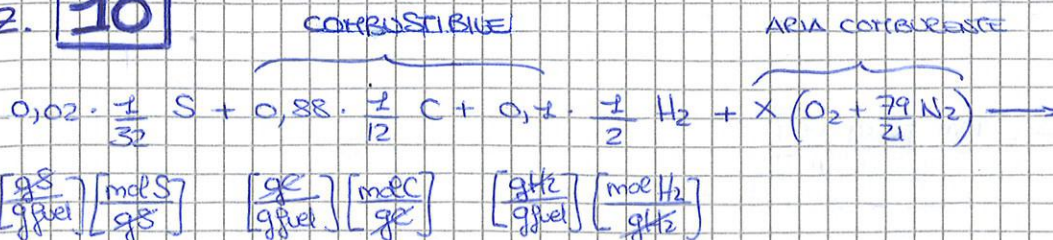
} commercializzabile

SVANTAGGI UMIDO:

- Grande consumo H_2O
- Elevato consumo energia per le pompe
- Produzione zeffli scarico

Lez. 18

6/11/13



• Bilancio O₂:

$$X = \frac{0,02}{32} + \frac{0,88}{12} + \frac{0,1}{4} \sim \text{mezza mole } O_2$$

$$\frac{mol \text{ FUMI SECCHI}}{g_{FUEL}} = \frac{0,02}{32} + \frac{0,88}{12} + X \frac{79}{21} = \boxed{0,496} \quad (\text{dalla reazione stechiometrica})$$

L con 0% di O₂ nei fumi secchi perché reazione stechiometrica

$$\frac{Nm^3 \text{ F.S. } 0\%}{g_{FUEL}} = 22,414 \cdot 10^{-3} \cdot A$$

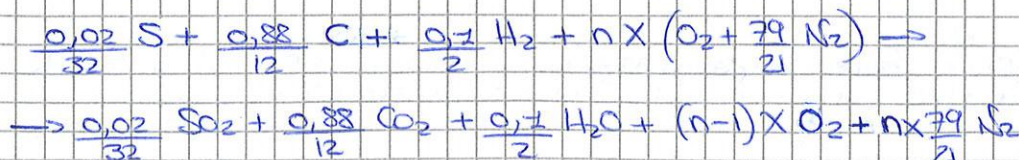
$$\frac{mg \text{ SO}_2}{Nm^3 \text{ F.S.}} = \frac{40}{22,414 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1}{A} = \boxed{4002} \sim \text{Non confrontato questo dato, perché mi servono i fumi secchi al 3\%, con quelli allo 0\%}$$

$$\frac{mg \text{ SO}_2}{Nm^3 \text{ F.S. } 3\%} = \frac{4002}{\left[\frac{mg \text{ SO}_2}{Nm^3 \text{ F.S. } 0\%} \right]} \cdot \left(\frac{21-3}{21-0} \right) = \boxed{3430} \quad \frac{mg \text{ SO}_2}{Nm^3 \text{ F.S. } 3\%}$$

QUESTO DATO CONFRONTARE, ED È TROPPO ALTO

$$\eta \text{ SISTEMA RITROZIONE} = \frac{3430 - 300}{3430} = \boxed{91,25\%}$$

• ALTRA STRADA: uso subito fumi al 3%, usando reazione con eccesso d'aria



$$(3\%) \quad 0,03 = \frac{X(n-1)}{\frac{0,02}{32} + \frac{0,88}{12} + (n-1)X + nX \frac{79}{21}} \quad \left. \begin{array}{l} X \text{ è quella stechiometrica} \\ n \text{ è l'incognita} \end{array} \right\}$$

$$\rightarrow \boxed{n \approx 1,15}$$

• La formazione di NOx dipende da:

- T equilibrio della fiamma
- concentrazione di ossigeno
- tempi di residenza nella camera di combustione

$$\max \frac{d[NO]}{dt} = 1,45 \cdot 10^{20} T_{eq}^{-1/2} \exp\left[-\frac{69490}{T_{eq}}\right] [O_2]_{eq}^{1/2} [N_2]_{eq}$$

TECNICHE PRIMARIE DI CONTROLLO

- * Controllo della combustione — regolazione ≠ per ogni bruciatore
- regolazione nell'intera camera di combustione

A) COMBUSTIONE A STADI CON FRAZIONAMENTO DELL'ARIA COMBURENTE (AIR STAGING)

1ª zona → combustione in difetto d'ossigeno

2ª zona → combustione in eccesso d'aria e ossigeno

1ª zona → $n < 1$, forma meno NO perché P_{O_2} meno O, ma non sfrutta tutto il calore a disposizione, crea anche del CO

2ª zona → T scende, dando aria in eccesso ottengo combustione completa $Sen = 2a$ però fa creazione di molto NOx, perché non ho T abbastanza alte

Il frazionamento può avvenire

- a livello dell'intera camera di combustione
- a livello del singolo bruciatore

B) COMBUSTIONE CON FRAZIONAMENTO COMBUSTIBILE (REBURNING)

1ª zona → 80-90% combustibile con basso eccesso d'aria ($n = 1,1$)

2ª zona → combustione con aria zinzata e 10-20% combustibile (atmosfera riducente, reburning forma HCN e NH3)

3ª zona → postcombustione (burnout zone), aggiungo aria zinzante per completare combustione

? e dare quindi il calore

Lez. 20 (19 saltata per visita Barbero)

12/11/13

CONCENTRAZIONI DI RIFERIMENTO (inquinanti)

- NOEL (Not Observed Effect Level): concentrazione di non effetto, in uno studio a lungo termine non da segno effetti sulla salute umana
- LOEL (Lowest Observed Effect Level)

↳ la più bassa concentrazione con effetti osservati

Per rischi di lavoro:

- TLV-TWA = concentrazione per cui lavorando 8h/d (40h/w) non ho effetti di salute
- TLV-STEL = concentrazione cui possono venir esposti per 15 minuti (con 60 min di intervallo)
- TLV-C = concentrazione che non dovrebbe mai essere superata

INDICATORI QUALITÀ DELL'ARIA

- Emissioni di gas serra
- Produzione di sostanze esotiche per l'ozono
- Emissioni di sostanze acidificanti
- Emissioni di precursori dell'ozono troposferico
- Emissione particolato
- Emissione CO₂
- Emissioni benzene
- Emissione composti organici persistenti
- Emissione metalli pesanti

BLOSSIDO DI Zolfo = Gas incolore, soglie tra 7000 e 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - oltre 70'000
(SO₂) ha un odore pungente - Concentrazioni naturali sono 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

→ Per anidride solforosa NOEL è 0,35 ppm = 0,9 mg/m^3

• Crea irritazioni agli occhi, alla gola e alle vie respiratorie -

Breve durata = effetti limitati a congiuntivite e all'apparato respiratorio con aumento secrezioni -

Lunga durata = effetti con maggiore irritazioni -

EFFETTI STROG DI LONDRA (STROG = smoke + fog)

• Nel '52 furono circa 4000 i morti, perché per 4 giorni si ebbero > 3500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di SO₂ -

→ Valore limite $\left\{ \begin{array}{l} \text{per la protezione della salute umana} \\ \text{per la protezione dell'ecosistema} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ ora (a)} \\ 24 \text{ ore (b)} \end{array} \right.$

(a) 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ma non più di 24 superamenti annui

(b) 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, non più di 3 superamenti all'anno

(c) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Margine 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2001	$350 + (150/5) \cdot 4 = 470$
2002	$350 + (150/5) \cdot 3 = 440$
---	$= 410$
---	$= 380$
2005	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

→ Margine tolleranza dell'essere ridotto in modo da avere valore limite dopo un tot di anni (in pratica, ogni anno deve diminuire di un intervallo il valore dell'anno prima) -

OSSIDI DI AZOTO

• NO₂ è 4 volte più tossico dell'NO

(NO₂) = Gas bruno, di odore acido, pungente - livelli di fondo molto bassi, soglie effettive tra 20 e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

INDICATORE (P): Emissioni nazionali di CO sono diminuite del 61,8% dal 1990 al 2010 - Derivano principalmente da:

- Trasporti
- Industria della combustione
- Trattamento dei rifiuti

OZONO (O3) = se respirato è inquinante, ha effetti sull'apparato respiratorio, specie in situazioni di alta attività fisica e nei soggetti deboli come anziani e bambini -

→ Effetti: dalla secchezza delle fauci, alla mancanza di coordinazione e in alcuni casi anche all'enfisema polmonare -

- 1-2 ore esposizione → decremento del 3-5% della funzionalità polmonare in soggetti sani ed adulti -

} aumenta facendo sport

- esposizione prolungata → negli anziani si rileva una diminuzione della resistenza alle infezioni batteriche -

→ EFFETTI SULLA VEGETAZIONE (BEL W3)

- Una specie particolare di tabacco, non tanto sensibile a NOx e SOx ma più sensibile dell'uomo all'O3 (le foglie appassiscono come i nostri polmoni)

- + Specificità sintomi fogliosi
- + Area necrotica direttamente prop. alla quantità di O3

- Alta proprietà di ossidare i materiali, specialmente le tele dipinte, che vengono danneggiate - Ho fumate apposito per musei e gallerie d'arte -

→ Nella troposfera radiazioni UVB e UVC sono quasi totalmente schermate, grazie alla fotosintesi, e quindi processo di formazione O3 poco attivo -

[L'OZONO NELLA TROFOSFERA È INQUINANTE SECONDARIO]

Insieme dei prodotti delle reazioni è detto SMOG FOTOCHIMICO -

COVNL (composti organici volatili diversi dal metano)

- Composti che esposti all'aria abbandonano stato liquido e passano allo stato gassoso, sono precursori dell'O3 -



→ Però, l'ozono a sua volta reagisce in presenza di monossido di N e da' nuovamente biossido di azoto e O2:



Però crearsi un equilibrio!

↳ Aumenta se non c'è concentrazione elevata di COVNL -

concentrazione media oraria 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
su 8 ore medie 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

• Dal 1990 a oggi le emissioni di **COVNLr** sono diminuite del 46,4% -

- ↳ derivano da
 - Trasporti
 - Altre sorgenti mobili
 - Uso di solventi

OBIETTIVI FISSATI

- Göteborg 1250 KJ/kg

|| POTENZIALE DI FORMAZIONE OZONO TROPOSFERICO = per valutare l'impatto devo considerare le emissioni e moltiplicarle per il loro potenziale -

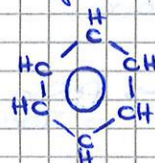
Lez. **22**

18/11/13

C₆H₆ (benzene)

• Puz essendo un problema risolto in buona parte, è composto inodore con odore caratteristico, e una soglia tollerabile di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. È abbastanza stabile, e può andare incontro a reazioni di addizione e/o sostituzione.

Effetti sulla salute = classificata come sostanza cancerogena categoria 1 dell'UE, dalla IARC al gruppo 1 (evidenti legami con la formazione di tumori)



NORMATIVA

- * Nelle benzine non può andare oltre il 1% (legge 413 del '97)
- * Nell'aria il limite (dal 2010) nel periodo di mediazione di un anno civile è di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Per valutare i limiti si decide un percorso base di un tot di Km, e si valutano le emissioni su questo percorso.
- Il settore che contribuisce di più a questo tipo di emissione è il settore dei trasporti.
- Dal '90 al 2010 si ha avuto una diminuzione dell'89% delle emissioni.
- * Le concentrazioni di benzene nell'aria dalle pompe di servizio sono molto alte, si nota maggior insorgere di tumori. Entra in gioco il FALDATE, in modo che l'esposizione si riduca notevolmente (più persone, ma per meno tempo!) e i benzinai si espongano meno.

215 stazioni in Italia → 1 sola ha superato il limite di legge di rilevamento C₆H₆ (una volta in Liguria, un'altra in Sicilia)

PARTICOLATO (PM = microparticolato)

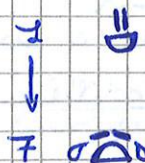
* Quello sospeso è costituito da tutto il materiale non gassoso presente in aria. A volte è secondario (di natura antropica, ma derivata dalla decomposizione di altre sostanze emesse).

Composto da:

- materiale organico rilasciato dai vegetali

→ L'IQA è discretizzato in 7 livelli:

- Un indice numerico (da 1 a 7)
- Un colore (da blu a viola)
- Un giudizio (da ottimo a molto INSAU RE)
- Raccomandazioni utili per la popolazione



1° passo = calcolo sottoindici relativi agli inquinanti NO_2 , O_3 , PM_{10}

$$I_{\text{PM}_{10}} = \frac{\bar{C}_{\text{media 24 ore PM}_{10}}}{C_{\text{rif PM}_{10}}} \cdot 100$$

$\bar{C}_{\text{media 24 ore}}$ = media, su tutte le stazioni, dei valori giornalieri medi di PM_{10} .

C_{rif} = valore limite giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per salute umana.

$$I_{\text{NO}_2} = \frac{\bar{C}_{\text{max 8 ore NO}_2}}{C_{\text{rif NO}_2}} \cdot 100$$

$$I_{\text{O}_3} = \frac{\bar{C}_{\text{max 8 ore O}_3}}{C_{\text{rif O}_3}} \cdot 100$$

→ Quando c'è più NO_2 c'è meno O_3 e viceversa, perciò:

2° passo: calcolo IQA come media tra l'indice PM_{10} e il massimo tra l'indice NO_2 e quello O_3 , metodo numerico medio.

$$IQA = \frac{I_{\text{PM}_{10}} + \max(I_{\text{NO}_2}, I_{\text{O}_3})}{2}$$

3° passo = assegnazione dei livelli di qualità dell'aria in base al valore di IQA calcolato.

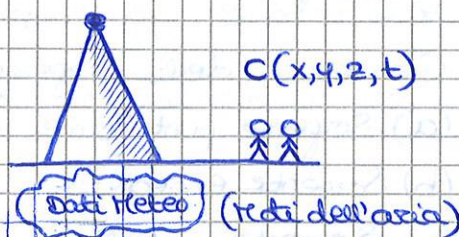
IQA (Indice previsione qualità dell'aria) → presente sull'assessorato all'ambiente della Provincia e della Regione (ogni città).

↳ Instabilità atmosferica favorisce la dispersione degli inquinanti.

QUANTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI

→ Emissioni dal camino

- Occorrono modelli previsionali di dispersione in atmosfera, in modo da poter calcolare le emissioni in ogni punto e in ogni istante (funzione di 4 variabili).



- Sorgente inquinante
- Ricettore (bersaglio)
- Ambiente tra sorgente e ricettore

⑤ - Quota della sorgente

(a) a livello del suolo

(b) in quota → rispetto alla persona, ad esempio in camino su un tetto o una ciminiera di una fabbrica

EFFETTI DEL GALLEGGIAMENTO

• Si tenga presente che:

I modelli possono essere applicati

- Sia quando la ρ del gas rilasciato è vicina a quella della aria in cui è contenuto
- Sia quando la concentrazione della nube è bassa

$$\rho = \frac{PM \cdot P}{RT} \quad \text{con } R = 0,082 \left[\frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right]$$

$$PM_{\text{miscela}} = \sum_{i=1}^n X_i \cdot PM_i$$

$$PM_{\text{aria}} = 0,21 \cdot 32 + 0,79 \cdot 28 = 28,84 \text{ g/mol}$$

$$\rho_{\text{aria}} (25^\circ\text{C}) = 1,18 \text{ kg/m}^3$$

- * Il peso molecolare del gas
- * La temperatura
- * La presenza di goccioline di liquido nella matrice gassosa

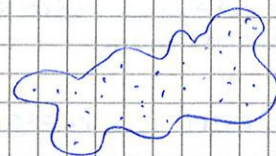
} Fattori che influenzano ρ del gas rilasciato

• Un sistema a T e P ambiente

Staccata in fase liquida → per pressurizzazione (vapore)
 → per criogenia

Propano T_{eb} a P ambiente = -42°C

P₀ (a T_{amb} = 25°C) ≈ 9,5 bar → FLASH RAPIDO



• Essendo contenuto in contenitori a 10 bar, all'apertura "flash" rapidamente, e rimane nella nube gassosa un certo numero di goccioline di liquido, che ne variano la densità

↳ Dipende anche dal tipo di rilascio che si fa

* La temperatura e l'umidità dell'aria (> ρ dell'aria comporta una minore ρ della nube, poiché l'effetto della condensazione del vapore aggiunge calore al gas)

* Il comportamento chimico (quello del combustibile ≠ da quello dei fumi)

→ Geometria della sorgente e durata della sorgente

I più comuni scenari sono:

- rifascio istantaneo da una sorgente puntiforme (puff)
- rifascio continuato (plum)

METEOROLOGIA = Moti dell'aria, Scale SPAZIALI } molto diverse
 TEMPORALI }

- MICROMETEOROLOGIA (Scale locali \approx 20 Km, Scale temporali \approx 2 ora) → Noi ci occupiamo di questa

- MESOMETEOROLOGIA (scale regionali \approx 100 Km)

- METEO GENERALE (scale nazionali e internazionale)

* Il moto della massa d'aria nell'atmosfera varia con la posizione sulla superficie e con la quota -

→ Nello "strato limite planetario" (500 m) le misure di velocità del vento (parametri sono direzione e velocità) forniscono dati continuamente variabili -

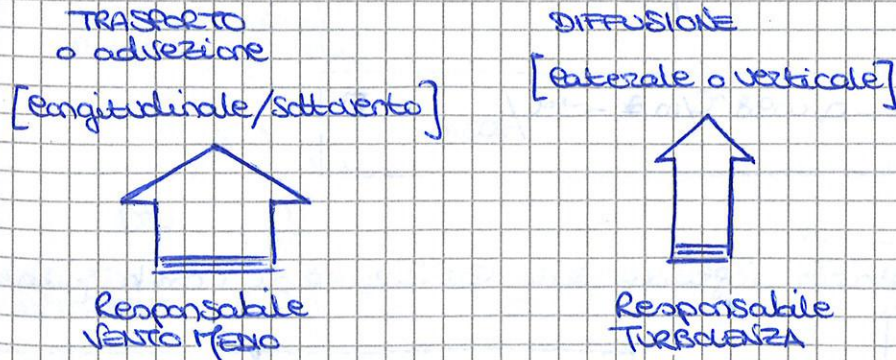
• PBL (Planetary Boundary Layer)

↳ Sente l'effetto della rugosità superficiale dovuta alle irregolarità del terreno -

* La presenza di turbolenza nel moto dell'aria è riflessa, oltre che dalla instabilità delle misure del vento, anche dalla formazione di vortici di diverse scale (eddies) -

↳ { caratteristica del vento già a basse velocità (cioè in "calma di vento")
 Sono facilmente ricontrollabili in presenza di traccianti

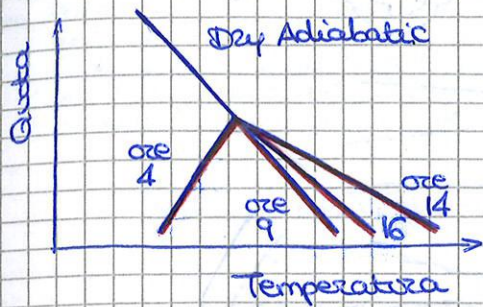
Descrizione qualitativa della dispersione di gas neutri



• Effetto della "taglia" dei vortici sui puff/plume

→ VORTICI PICCOLI = diffondono uniformemente il materiale aumentando la dimensione del puff o del pennacchio senza modificare la forma -

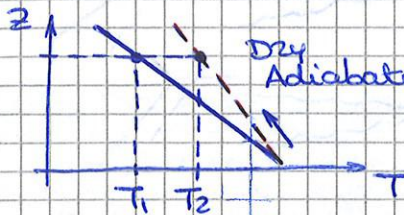
GRADIENTE TERMICO VERTICALE EFFETTIVO



• Negli strati atmosferici fino a qualche centinaio di metri si riscontra un vero e proprio ciclo giornaliero del profilo di T

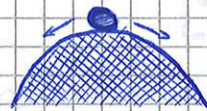
ARIA SECCA

▽ Superadiabatico = se la diminuzione di T con la quota è maggiore di quella del ▽ adiabatico di riferimento.



* In atmosfera superadiabatica i moti verticali sono AMPLIFICATI, ossia ACCELERATI.

↳ Atmosfera instabile

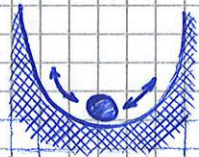


Se pallina si muove viene accelerata.

▽ Subadiabatico = se la diminuzione di T con la quota è minore di quella del ▽ adiabatico di riferimento.

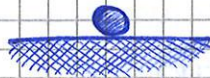


↳ Atmosfera stabile

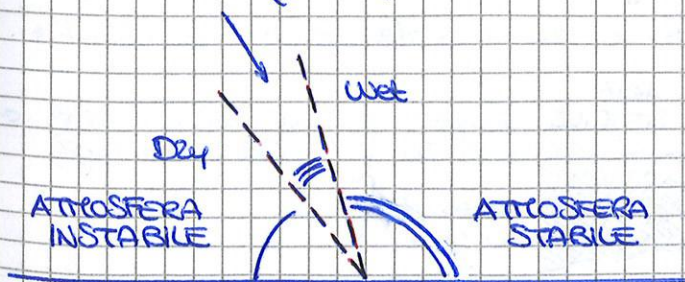


* La spinta subita è stabilita verso il basso (T min, p max)

▽ adiabatico ⇒ ATMOSFERA NEUTRA (non accelera o decelera moti)



STABILE (secca)
INSTABILE (umida)



INVERSIONE TERMICA

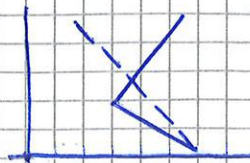
(a) • Ae sero = la notte con vento debole e cielo sereno, in zone non urbane.

(b) • In quota = durante il giorno in zona costiera (causata dalla brezza marina) o in zone urbane dovuta a delle "isole di calore" provocata dall'inerzia termica delle asfalto e del riscaldamento urbano.

(a)



(b)



CLASSIFICAZIONE STABILITÀ ATMOSFERICA

→ possono essere usati diversi parametri, spesso però non facilmente misurabili (come il gradiente verticale di temperatura). Una delle più usate è quella basata sulle misure di velocità del vento, specificando ogni volta la quota di rilevamento, oltre al grado di insolazione durante il giorno e della copertura nuvolosa durante la notte [PASQUIL].

Velocità del vento a 10m
[m/s]

Irraggiamento
[W/m²]

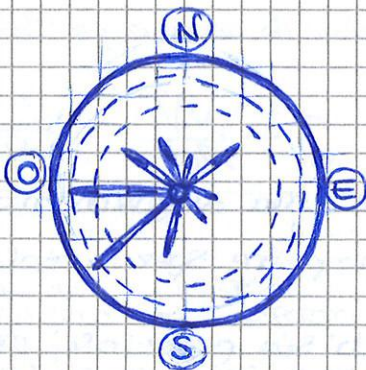
Frazione copertura

* Lettore da A (molto instabile) a F (moderatamente stabile)

- Per forti velocità del vento si ha un'atmosfera neutra, mentre con grande copertura non si permette il raffreddamento del suolo, atmosfera stabile.

MISURE DI DIREZIONE E INTENSITÀ DEL VENTO

→ Sono spesso riportate sotto forma di "ROSA DEI VENTI", diagrammi polari in cui la lunghezza dei raggi è proporzionale alla frequenza osservata di direzione del vento e velocità.



- A seconda della frazione di misure su totale rilevate in quella direzione posso calcolare la lunghezza del raggio attraverso le proporzioni tra le distanze.

→ Per ogni rosa dei venti bisogna però indicare la quota a cui si sono effettuati i rilevamenti e il periodo dell'anno in cui sono stati rilevati.

DIPENDENZA DELLA VELOCITÀ MEDIA DEL VENTO DALLA QUOTA

→ Evidenze da rispettare:

- aumento velocità con la quota
- diminuzione gradiente con la quota
- variazioni tanto più concentrate verso il suolo quanto più questo è riscio

• Variazione della velocità del vento in funzione della quota: effetto del suolo.

→ Altre evidenze: (sperimentali)

- Variazioni della velocità del vento al variare della stabilità atmosferica
- Aumento della velocità del vento all'aumentare della stabilità

ESPRESSIONI SEMIEMPIRICHE

$$u(z) = u_{rc} \cdot \left(\frac{z}{z_{rc}}\right)^p$$

z_{rc} = riferimento, a cui calcolo il valore u_{rc}

p = coefficiente semiempirico → in atmosfera neutra $p = 0,25$

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{x^2}{\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \rightarrow x^2 = -2 \ln\left(\frac{1}{10}\right) \sigma^2$$

$$\rightarrow \boxed{x = \pm 2,15 \sigma}$$

Lez. 25

27/11/13

- L'area sottesa dalla Gaussiana è il 68,27% dell'area totale.

INFLUENZA TEMPO DI CAMPIONAMENTO

- In un dato istante il profilo presenta una certa forma del pennacchio e una certa concentrazione - In un istante successivo questi parametri possono variare - Mediante nel tempo, anche zone in un primo momento prive di inquinanti possono presentare una certa concentrazione.
- * All'aumentare del tempo di campionamento aumenta la larghezza del profilo di concentrazione.

EQUAZIONE DELLA DIFFUSIONE ATMOSFERICA

- Si parte dall'equazione di bilancio della sostanza:

$$\boxed{\frac{\partial C_i}{\partial t} + \frac{\partial (u_j C_i)}{\partial x_j} = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial x_j^2} + R_i + S_i}$$

↑ ↑ ↑ ↑

TERMINE DI ACCUMULO TERMINE DI TRASPORTO DIFFUSIONE MOLECOLARE REAZIONI CHIMICHE

← SORGENTI ESTERNE

\vec{u} = vettore velocità del vento di componenti (u, v, w) -

- * La diffusione molecolare, per evidenza sperimentale, può venire trascurata - Inoltre, per semplicità, consideriamo sostanza non soggetta a reazioni chimiche, e che non ci siano sorgenti esterne.

→ Posso scomporre le variabili in due termini, il VALORE MEDIO e il TERMINE DI FLUTTUAZIONE -

$$\left[u_j = \underbrace{\langle u_j \rangle}_{\text{MEDIO}} + \underbrace{u_j'}_{\text{FLUTTUAZIONE}} \right] \quad \left[C_i = \langle C_i \rangle + C_i' \right]$$

- * Il valore medio (o intero) costante nell'intervallo di tempo considerato, anche se varierebbe -

$$\boxed{\frac{\partial C_i}{\partial t} + \frac{\partial (u_j C_i)}{\partial x_j} = 0}$$

- Sulle concentrazioni medie diventa:

$$\boxed{\frac{\partial \langle C_i \rangle}{\partial t} + \frac{\partial \langle u_j \rangle \langle C_i \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle u_j' C_i' \rangle}{\partial x_j} = 0}$$

- * I profili di concentrazione sono di tipo Gaussiano -
- * La concentrazione sottavello è \propto all'intensità della sorgente - [KONZUS ROBERTS]

→ L'ipotesi che i coefficienti K non variano con x non porta a risultati soddisfacenti, è troppo semplicistica -

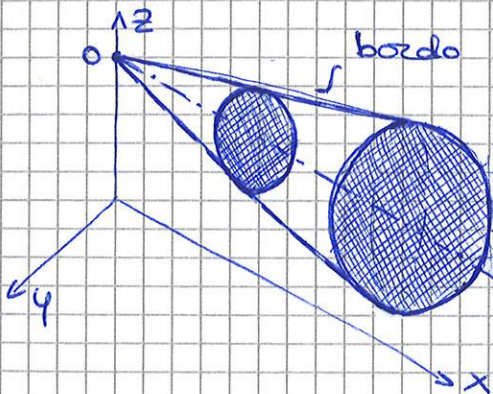
• Il modello di PASQUILL cambia coefficienti:

G_x }
 G_y } coefficienti di dispersione nella direzione x, y, z → NON Sono costanti, dipendono dalle condizioni di stabilità atmosferica e dalla distanza nella direzione sottavello -
 G_z }

→ Le correlazioni sono quindi diverse, perché differiscono le condizioni in cui sono state effettuate le varie campagne sperimentali -

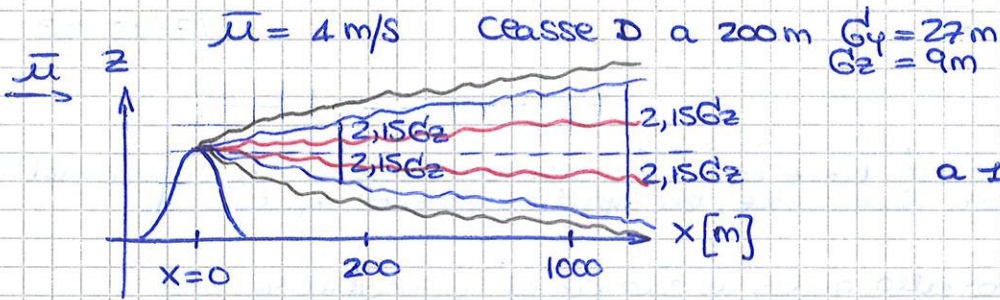
Devo scegliere la più adatta alle condizioni che mi ritrovo sperimentalmente -

* La velocità contenuta nella correlazione è quella del vento alla quota di rilascio -



Bordo del pennacchio = luogo dei punti avente concentrazione pari a $1/10$ di quella della centroline -

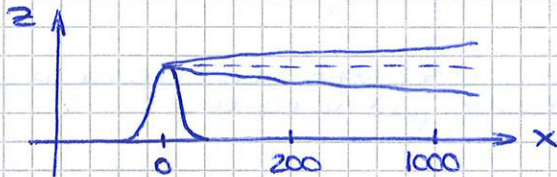
centroline = luogo punti con x variabile, ma aventi $y = z = 0$ -



a 1000 m $G_y = 80 \text{ m}$
 $G_z = 72 \text{ m}$

- Se fosse in classe F (moti verticali smorzati) \blacklozenge

a 200 m G_y e G_z sono più basse, idem a 1000 m:



- Se fosse in classe B (moti ↑ accelerati) G_z e G_y sono maggiori \blacklozenge

→ In condizioni INSTABILI il pennacchio aziona a tezza prima, viene accelerato rispetto alle condizioni neutre - Con condizioni STABILI, avendo G_z e $G_y <$, avrò CONCENTRAZIONI SULLA CENTERLINE MAGGIORI -

L Sono internamente proporzionali

Importante leggere il range di validità, per sapere se i parametri sono validi -

Parametri TNO vengono correlati al tempo di campionamento e alla rugosità relativa del terreno -

$$\frac{G_{y,t}}{G_{y,zif}} = \left(\frac{t}{t_{zif}}\right)^{0,2} \quad // \quad \text{EFFETTO TEMPO DI CAMPIONAMENTO}$$

EFFETTO RUGOSITÀ RELATIVA

Mediante tabella o equazioni vengono fornite le modifiche da apportare ai coefficienti di correzione verticali C e d -

INFLUENZA DEL SUOLO

- Può comportarsi come una superficie assorbente o completamente riflettente - In questo secondo caso oltre all'inquinante del pennacchio debb'anche considerare la parte riflessa -

L Equivale a considerare, in aggiunta alla sorgente reale, una sorgente immaginaria a quota -H-

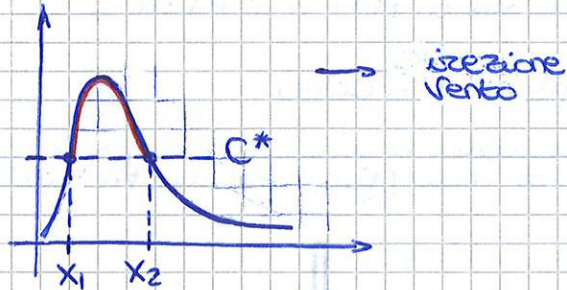
CALCOLO ISOPLETE

- Isoplete a C^* : Evogo dei punti su un piano orizzontale ($z=0$) con una concentrazione $C = C^*$

→ Calcolo isoplete a livello del suolo per rilascio continuo a quota H dato da formule empiriche -

Impoendo $y=0$ e $z=0$ otteniamo:

$$C(x, y=0, z=0) = \frac{\dot{q}}{\pi \bar{u} G_y G_z} \cdot \exp\left[-\frac{H^2}{2G_z^2}\right] = C^*$$



→ Individuo i due estremi dell' isopleta (x_1 e x_2) a $y=0$



- Per ogni x' compresa tra x_1 e x_2 posso calcolare il valore di y per cui la concentrazione assume il valore C^*

$$y = \pm G_y \cdot \left(2 \ln \left[\frac{C(x', 0, 0)}{C^*} \right] \right)^{0,5}$$

$$* C(x, y, z=0) = \frac{\dot{q}}{\pi \bar{u} G_y G_z} \cdot \exp\left[-\frac{y^2}{2G_y^2}\right] \cdot \exp\left[-\frac{H^2}{2G_z^2}\right] = C(x, 0, 0) \cdot \exp\left[-\frac{y^2}{2G_y^2}\right]$$

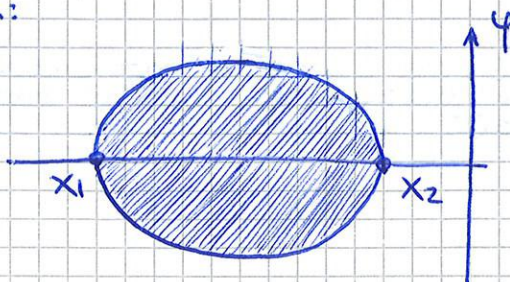
$$\frac{-y^2}{G_y^2} = 2 \ln \frac{C^*}{C(x', 0, 0)} \rightarrow y^2 = 2 \ln \left[\frac{C(x', 0, 0)}{C^*} \right] G_y^2$$

↳ cambio segno e numeratore e denominatore egualiamo

$$y = \pm G_y \sqrt{2 \ln \left[\frac{C(x', 0, 0)}{C^*} \right]}$$

- Posso tracciare ISOPLETA:

- Punti interni fanno $C = C^*$



b) Scritta reazione con eccesso d'aria (in serbatoio n), oppure avendo la reazione stechiometrica considero quella con lo 0% di O₂ nei fumi secchi -

$$\frac{140}{\left[\frac{\text{mg NO}_x}{\text{Nm}^3 3\%} \right]} = 140 \cdot \left[\frac{21}{21-3} \right] = 163,3 \left[\frac{\text{mg NO}_x}{\text{Nm}^3 0\%} \right]$$

• Per 1 Nm³ C₂H₆ → 2 + $\frac{79}{21} \cdot \frac{7}{2}$ Nm³ p.s. allo 0% O₂
 15,16

$$15,16 \cdot 1,053 = 15,97 \left[\frac{\text{Nm}^3 \text{ p.s. } 0\%}{\text{s}} \right]$$

$$15,97 \cdot 163,3 = \boxed{2609} \left[\frac{\text{mg NO}_x}{\text{s}} \right] \text{ media oraria (media max)}$$

Media annua) $2609 \cdot \frac{3000}{8760} = \boxed{893} \left[\frac{\text{mg}}{\text{s}} \right]$
 } frazione oraria di funzionamento

Lez. 29 (dopo Natale!)

8/1/14

• Per trovare i coefficienti di dispersione G_x, G_y, G_z devo usare le relazioni di Briggs -

DATI

Altezza camino = 100 m

Diametro camino = 2 m

T_{fume} = 130 °C

Vento = 4,5 m/s (devo specificare la quota) → H = 10 m

Direzione vento = NE

L distanza in nostra direzione X

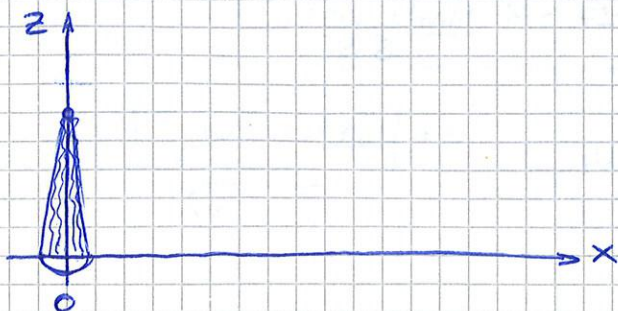
Temperatura = 25 °C

Irradiazione > 700 W/m²

Possibile stato di inversione termica a quota H_{inv} = 200 m

ZONA URBANA

- Tracciare le isopete a z = 0 a C* = 1 μg/m³
 - Tracciare contorno del peme
- } con inversione
} senza inversione



Dalla correlazione ottengo $\Delta H = 38,7 \text{ m}$

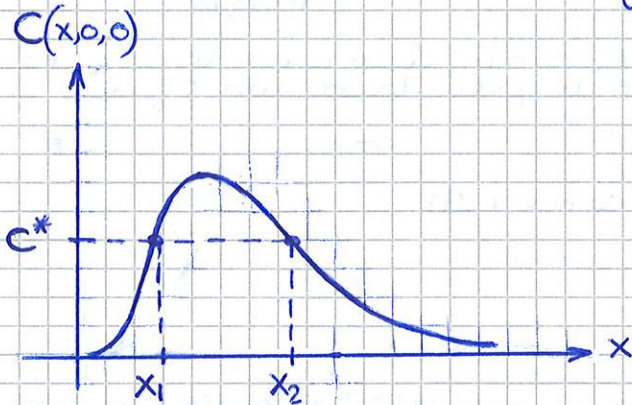
$$H = 100 + 38,7 \text{ m} = 138,7 \text{ m}$$

• A eufello del sudo, dove si hanno concentrazioni a $y=0$?

$$x = 300 \text{ m} \quad G_y^0 = 90,7 \text{ m} \quad G_z^0 = 82,1$$

$$C(x, y=0, z=0) = \frac{\dot{q}}{2\pi u G_y G_z} \left\{ e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{G_z} \right)^2} + e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{G_z} \right)^2} \right\}$$

$2 e^{-\frac{1}{2} \frac{H^2}{G_z^2}}$ *suolo zifellente*



$$x_1 < x' < x_2$$

$$C(x', y_{1,2}, z=0) = C^* = C(x', y=0, z=0) e^{-\frac{1}{2} \frac{y^2}{G_y^2}}$$

$$y_{1,2} = \pm G_y \sqrt{2 \ln \left[\frac{C(x', 0, 0)}{C^*} \right]}$$

