

D.15-2 Identificazione degli effetti sul microclima

I potenziali effetti sul microclima locale sono individuabili:

- nell'alterazione della temperatura dell'aria a seguito dei rilasci termici del camino e dei condensatori ad aria della centrale;
- nell'alterazione dell'umidità atmosferica in conseguenza del vapore presente nei fumi del camino con possibile formazione di nebbie.

Al fine di verificare le conseguenze dei rilasci termici della centrale (fumi dal camino ed aria di raffreddamento da condensatori ed aerotermi) si è proceduto alla quantificazione dell'incremento della temperatura ambiente conseguente a tali rilasci utilizzando i modelli ISC3 e CALPUFF (modulo per le calme di vento) per quantificare il trasporto delle emissioni e quindi, in corrispondenza dei ricettori, facendo ricorso al bilancio di energia, quantificare l'incrementi di temperatura, secondo la metodologia di calcolo riportata al termine del presente allegato.

Tale approccio si basa sull'ipotesi conservativa che durante la fase di trasporto e diffusione in atmosfera le emissioni conservino le caratteristiche termodinamiche presenti al rilascio.

Una prima quantificazione ha riguardato l'incremento medio annuo della temperatura nell'area, vasta e locale, circostante l'impianto a fronte delle emissioni termiche del camino e dei condensatori.

I dati relativi alla geometria ed ai rilasci del camino e quelli medi relativi alle emissioni sono di seguito riportati:

- Altezza camino: 60 m
- Diametro interno camino: 6.6 m
- Portata volumetrica: 649,66 m³/s
- Temperatura fumi al rilascio: 80 °C
- Velocità verticale al rilascio: 18.99 m/s

La temperatura dell'aria in uscita dai condensatori è stata assunta subire un incremento di 30 °C rispetto alla temperatura dell'aria ambiente.

I dati relativi alla geometria ed ai rilasci dei condensatori e degli aerotermi utilizzati nelle simulazioni sono di seguito riportati:

Condensatore principale

- Altezza rilascio: 27 m
- Diametro ventilatori: 7 m
- Portata volumetrica (per singolo ventilatore): 746 m³/s
- Temperatura al rilascio: Ta + 30 °C
- Velocità verticale al rilascio: 19.38 m/s
- Numero ventilatori: 16

Aerotermino motori ausiliari

- Altezza rilascio: 7 m
- Diametro ventilatori: 4 m
- Portata volumetrica (per singolo ventilatore): 192 m³/s
- Temperatura al rilascio: Ta + 30 °C
- Velocità verticale al rilascio: 15.28 m/s
- Numero ventilatori: 12

Le simulazioni sono state effettuate tenendo conto dell'effettivo andamento del terreno.

A fronte di una temperatura media annua di 15.3 °C, i risultati ottenuti comportano per l'area vasta (40 x 40 km centrati sull'impianto) un incremento medio annuo pari a 0.0037 °C.

Su un'area di 20 x 20 km, sempre centrata sull'impianto, l'incremento medio annuo della temperatura ambiente atteso a seguito dell'esercizio della centrale risulta pari a 0.0046 °C.

Infine sull'area locale (5 x 2 km) le simulazioni indicano un incremento medio annuo della temperatura pari a 0.0013 °C.

Sulla base di tali risultati è quindi da escludere qualsiasi alterazione al preesistente microclima locale al riguardo della temperatura.

Tale conclusione è ulteriormente confermata dalle simulazioni "short term" eseguite a fronte delle condizioni meteorologiche e diffusive più gravose per i rilasci della centrale, individuate come segue nell'analisi condotta per quantificare gli effetti dei rilasci di inquinanti dal camino:

- classe di stabilità: F
- temperatura aria ambiente: 12.6 °C
- velocità vento: 0.77 m/s
- direzione vento: 282 °N
- altezza dello strato di mescolamento: 5000 m

Il rilascio dal camino della centrale è caratterizzato per queste condizioni meteorologiche dai seguenti parametri:

- portata volumetrica: 631.55 m³/s
- temperatura fumi al rilascio: 80 °C
- velocità verticale al rilascio: 18.46.

Le simulazioni in questo caso sono state effettuate utilizzando gli algoritmi di valutazione degli effetti degli edifici circostanti i rilasci (building downwash).

I risultati ottenuti indicano che in condizioni meteorologiche critiche l'incremento orario della temperatura ambiente mediato sull'area locale (5 x 2 km), atteso in conseguenza dell'esercizio della centrale, è pari a 0.0067 °C.

Anche sul breve periodo risulta quindi da escludere qualsiasi alterazione alla temperatura ambiente dell'area circostante l'impianto.

Sulla base dei risultati ottenuti appare evidente l'assenza di qualsiasi apprezzabile alterazione della temperatura ambiente conseguente all'esercizio della centrale. Gli incrementi attesi risultano infatti sempre ben al di sotto di qualsiasi soglia di apprezzabilità e privi di qualsiasi conseguenza.

Al fine di quantificare le variazioni subite dall'umidità atmosferica e verificare le conseguenze sul microclima, anche con riferimento alla possibile formazione di nebbie, si è proceduto a valutare:

- A) l'incremento medio annuo di umidità atteso al suolo su tutta l'area vasta;
- B) l'incremento medio orario atteso al suolo nell'area locale in condizioni di massime ricadute al suolo e di incipiente formazione di nebbia (condizioni critiche)

Tali valutazioni sono state eseguite sulla base dei dati di progetto e delle simulazioni effettuate per di quantificare gli effetti dei rilasci inquinanti dal camino della centrale

Per entrambe le situazioni analizzate i dati di progetto utilizzati sono i seguenti:

- portata fumi: 1,800,000 Nm³/h (in normali condizioni di temperatura ed umidità ambiente)
- temperatura fumi: 80 °C
- umidità fumi: 7.4% in volume
- emissioni NO_x: 105 kg/h.

Le condizioni meteorologiche prese a riferimento per la valutazione della variazione dell'umidità media annua attesa al suolo nell'area vasta sono stati i seguenti valori medi annui:

- temperatura aria: 15.3 °C
- umidità relativa: 78%
- Pressione atmosferica: 1000 hPa

Sulla base di tali dati, con riferimento all'area vasta (40 x 40 km centrati sull'impianto termoelettrico), è stato calcolato il valore medio relativo dell'umidità assoluta annua attuale (ossia in assenza di centrale) e la variazione conseguente all'esercizio della centrale tenendo conto dell'incremento della temperatura ambiente, ancora conseguenza dell'esercizio della centrale.

Le modalità di calcolo sono riportate al termine del presente allegato.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- Umidità assoluta media annua al suolo dell'area vasta in assenza della centrale: 6.4981 g/m³;
- Incremento dell'umidità media annua al suolo dell'area vasta in conseguenza dell'esercizio della centrale: 0.00016 g/m³.

L'incremento di umidità in termini assoluti è pari allo 0.0025% del valore di umidità attuale.

L'umidità relativa, a motivo dell'incremento di temperatura e del conseguente innalzamento della concentrazione di umidità alla saturazione, è attesa scendere dal valore medio attuale di 78% al valore di 77,98%.

Le variazioni indotte dall'esercizio della centrale alla umidità atmosferica risultano estremamente contenute e prive di qualsiasi significatività

La quantificazione dell'incremento dell'umidità al suolo in condizioni critiche e di incipiente formazione di nebbia è stata effettuata prendendo in considerazione i valori di umidità mediati sul dominio delle simulazioni dell'area locale (2 x 5 km).

E' infatti da notare che affinché l'incremento dell'umidità ambientale abbia eventualmente significativi effetti sulla formazione delle nebbie è necessario che tali incrementi abbiano una sufficiente estensione areale. In ragione di ciò si è ritenuto che i valori mediati sull'area locale siano indicatori rappresentativi della effettive conseguenze dell'esercizio della centrale sulla formazione delle nebbie.

Nell'area locale si manifestano le massime variazioni indotte nell'atmosfera dall'esercizio della centrale, se valutate in termini di media areale. Tale area è quindi quella in cui l'esercizio della Centrale può maggiormente influenzare la formazione di nebbie.

Le condizioni meteorologiche critiche al riguardo delle concentrazioni al suolo sono le seguenti:

- classe di stabilità atmosferica: F
- temperatura ambiente: 12.6 °C
- velocità vento: 0.77 m/s
- direzione vento: 282 °N
- altezza delle strato di mescolamento: 5'000 m.

Al fine di rappresentare condizioni di incipiente formazione di nebbia si è assunta inoltre una umidità relativa pari al 99.99%, senza per altro verificare la coerenza interna di tale insieme di condizioni meteorologiche.

Sulla base di tali dati è stato calcolato il valore medio areale dell'umidità assoluta annua attuale (ossia in assenza di centrale) ed il relativo incremento conseguente all'esercizio della centrale (le modalità di calcolo di tali grandezze sono riportate al termine del presente allegato).

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- Umidità assoluta media oraria al suolo dell'area locale in assenza della centrale: 7.0452 g/m³, rispetto ad una concentrazione alla saturazione di 7.0459 g/m³.
- Incremento dell'umidità media oraria al suolo dell'area locale in conseguenza dell'esercizio della centrale: 0.0039 g/m³.
- Concentrazione alla saturazione attesa in conseguenza dell'incremento di temperatura indotto dall'esercizio della centrale: 7.0500 g/m³.

L'umidità raggiunge quindi il valore di 7.0491 g/m³, inferiore al valore di saturazione non dando luogo a formazione di nebbie.

L'incremento di umidità atteso è pari allo 0.055% del valore di umidità attuale.

L'umidità relativa locale dal valore di 99.99% è destinato a scendere al valore di 99.987%

Anche nella situazione ambientale analizzata, rappresentativa delle condizioni diffuse più critiche e che hanno una media di accadimento di un'ora all'anno, le emissioni della centrale non portano alla formazione di nebbie, ma anzi il valore dell'umidità relativa tende a scendere seppure di una quantità di nessun significato.

L'analisi condotta esclude quindi che l'esercizio della centrale possa provocare aumenti nella presenza di nebbie nell'intorno della centrale ed, in generale, portare ad alterazioni del microclima locale di una qualche minima significatività.

METODOLOGIA DI CALCOLO DELL'INCREMENTO DELLA TEMPERATURA
AMBIENTE CONSEGUENTE AD EMISSIONI TERMICHE IN ATMOSFERA

Il possibile aumento della temperatura ambiente conseguente a rilasci termici (nel caso specifico i fumi del camino e l'aria di raffreddamento dei condensatori ad aria della centrale Luminosa) è quantificabile utilizzando i modelli matematici di trasporto e diffusione in atmosfera di rilasci (quali ISC3 e CALPUFF) ed operando, in corrispondenza dei ricettori, un opportuno bilancio di energia sulla base dei risultati delle simulazioni.

Tale approccio si basa sull'ipotesi conservativa che nel trasporto e diffusione in atmosfera le emissioni conservino le caratteristiche termodinamiche presenti al rilascio.

Se nei citati modelli, quale dato di input del flusso di massa delle emissioni (g/s) viene introdotta la portata volumica (m³/s) le risultanze ottenute rappresentano il volume del rilascio per unità di volume in corrispondenza dei ricettori, ossia

$$V_{Ri} = C_{Ri}$$

dove:

V_{Ri} = volume del rilascio i presente nell'unità di volume in corrispondenza del ricettore R (m³_{rilascio}/m³)

C_{Ri} = risultanze del modello in corrispondenza del ricettore R nell'ipotesi di dati input come sopra riportati (m³/m³)

La corrispondente massa per unità di volume del rilascio in corrispondenza del ricettore R è quindi pari a:

$$M_{Ri} = C_{Ri} \rho_i$$

dove:

M_{Ri} = massa per unità di volume del rilascio i in corrispondenza del ricettore R (g/m³)

ρ_i = densità dell'emissione i alla temperatura del rilascio (g/m³)

Il volume occupato dall'aria ambiente per unità di volume, in corrispondenza del ricettore R ed in presenza di n rilasci, risulta pertanto:

$$V_{Ra} = 1 - \sum^n C_{Ri}$$

dove:

V_{Ra} = volume aria ambiente presente nell'unità di volume al ricettore R

La corrispondente massa è pari a:

$$M_{Ra} = \rho_a (1 - \sum^n C_{Ri})$$

dove:

M_{Ra} = massa dell'aria ambiente nell'unità di volume presente in corrispondenza del ricettore R (g/m³)

ρ_a = densità dell'aria ambiente alla temperatura ambiente

Applicando il bilancio di energia termica in termini di temperatura si ha:

$$M_R T_R = M_{Ra} T_a + \sum^n M_{Ri} T_i$$

dove:

M_R = massa per unità di volume presente nell'unità di volume in corrispondenza del ricettore R = $M_{Ra} + \sum^n M_{Ri}$ (g/m³)

T_R = temperatura assoluta attesa in corrispondenza del ricettore R (°K)

T_a = temperatura assoluta dell'aria ambiente (°K)

T_i = temperatura assoluta dell'emissione i al rilascio (°K)

Sostituendo nel bilancio termico le formulazioni sopra riportate relative alla masse dell'aria ambiente e delle emissioni e nell'ulteriore ipotesi che le densità dei rilasci e dell'aria ambiente, a parità di pressione e temperatura, siano uguali (fatto certamente vero per quanto riguarda l'aria ambiente e i rilasci dai condensatori), ossia:

$$\rho_a = \rho_0 T_0 / T_a$$
$$\rho_i = \rho_0 T_0 / T_i$$

dove:

ρ_0 = densità rilasci/aria ambiente alla temperatura di riferimento T_0 (273.15 °K)

si ottiene che l'incremento della temperatura ambiente conseguente ai rilasci è pari a:

$$\Delta T = T_R - T_a = T_a \left(\sum^n C_{Ri} - T_a \sum^n C_{Ri}/T_i \right) / \left(1 + T_a \sum^n C_{Ri}/T_i - \sum^n C_{Ri} \right)$$

Con tale formulazione, sulla base dei risultati delle simulazioni (C_{Ri}), delle temperature delle emissioni al rilascio (T_i) e della temperatura dell'aria ambiente indisturbata (T_a) è quindi possibile calcolare l'incremento atteso per la temperatura (ΔT) ed il valore della stessa in gradi Celsius ($T_a + \Delta T - 273.15$)

METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE VARIAZIONI DELL'UMIDITA' ATMOSFERICA IN CONSEGUENZA DELLE EMISSIONI DAL CAMINO DELLA CENTRALE

VARIAZIONI DELL'UMIDITA' ATMOSFERICA IN CONSEGUENZA DELLE EMISSIONI DAL CAMINO DELLA CENTRALE

Dati progetto

Portata fumi	$Q_{Fo} = 1,800,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$	(in normali condizioni di umidità e $T_A = 15 \text{ °C}$)
Temperatura fumi;	$TF = 80 \text{ °C}$	
Umidità fumi:	$UF = 7.4 \text{ \% in volume}$	
Emissioni NOx:	$Q_{NOx} = 105 \text{ kg/h}$	

Portata fumi alla temperatura di emissione:

$$QF = Q_{Fo} * K_e/K_o = 2,327,183 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_e = \text{Temperatura assoluta fumi} = 273.15 + TF = 353.15 \text{ °K}$$

$$K_o = 273.15 \text{ °K}$$

Portata vapore acqueo (umidità)

$$QV = QF * UF/100 = 172,212 \text{ m}^3/\text{h}$$

Densità vapore acqueo all'emissione

$$DV = PM * P_a / (R * K_e) = 0.6130 \text{ kg/m}^3$$

$$PM = \text{Peso molecolare} = 18$$

$$P_a = \text{Pressione atmosferica} = 100 \text{ kPa}$$

$$R = \text{Costante universale gas} = 8.3144 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ °K}^{-1}$$

Portata di massa del vapore acqueo

$$Q_{mV} = QV * DV = 105,571 \text{ kg/h}$$

Rapporto emissioni vapore acqueo/NOx

$$RE = Q_{mV}/Q_{NOx} = 1005.438$$

CALCOLO VARIAZIONE MEDIA ANNUA UMIDITA' AL SUOLO NELL'AREA VASTA

Incremento conc. NOx annue medie sull'area vasta attese al suolo = $C_{mNOx} = 0.1612 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (risultato sim.)

Incremento annuo atteso al suolo per l'umidità atmosferica mediato sull'area vasta

$$\Delta H = C_{mNOx} * RE = 162.1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$$= 0.00016 \text{ g/m}^3$$

Dati meteo

Valori medi annui

Temperatura aria	$T_A = 15.3 \text{ °C}$	(pag. 6 - SIA - Quadro di riferimento Ambientale)
Umidità relativa	$UR_o = 78 \text{ \%}$	(pag. 7 - SIA - Quadro di riferimento Ambientale)
Pressione atmosferica	$P_A = 1000 \text{ hPa}$	

Incremento temperatura aria per rilasci termici della centrale

$$\Delta T = 0.0037 \text{ °C}$$

Tasso di variazione dell'umidità alla saturazione con T_A

$$f = 0.8333 \text{ g/kg°C}$$

Situazione ante operam

Dal diagramma termodinamico di Herloffson si ricava che per una temperatura di 15.3 °C ed una pressione di 1000 hPa la concentrazione di umidità alla saturazione è: $HSmo = 11.1 \text{ g/kg}$

Densità vapore acqueo a 15.°C

$$DVao = PM * Pa / (R * Kao) = 0.7505 \text{ kg/m}^3$$

$$Kao = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 288.450 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Concentrazione umidità alla saturazione

$$HSo = HSmo * DVao = 8.3309404 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità assoluta media annua } HAo = HSe * URo / 100 = 6.4981 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità relativa media annua } URo = 78.00 \%$$

Situazione post operam

$$HSme = HSmo + f * \Delta T = 11.103083 \text{ g/kg}$$

Densità vapore acqueo a 15.+ ΔT °C

$$DVae = PM * Pa / (R * Kae) = 0.7505 \text{ kg/m}^3$$

$$Kae = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 288.4537 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Concentrazione umidità alla saturazione

$$HSe = HSme * DVe = 8.3331475 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità assoluta media annua } HAe = HAo + \Delta H = 6.4983 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità relativa media annua } URe = HAe * 100 / HSe = 77.98 \%$$

CALCOLO VARIAZIONE MEDIA ORARIA UMIDITA' AL SUOLO NELL'AREA LOCALE IN CONDIZIONI CRITICHE

Incremento orario medio concentrazioni NOx al suolo = $CmNOx = 3.8509 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (risultato simulazioni)
 alla temperatura ambiente $T_A = 12.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ (pag. 25 - SIA - Quadro di riferimento Ambientale)

Umidità relativa $URo = 99.99 \%$ (assunzione per condizioni di nebbia incipiente)

Incremento orario umidità al suolo medio su area locale

$$\Delta H = 3,871.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$$= 0.0039 \text{ g/m}^3$$

Incremento temperatura aria per rilasci termici della centrale $\Delta T = 0.0067 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tasso di variazione dell'umidità alla saturazione con T_A $f = 0.8333 \text{ g/kg}^\circ\text{C}$

Situazione ante operam

Dal diagramma termodinamico di Herloffson si ricava che per una temperatura di 12.6 °C ed una pressione di 1000 hPa la concentrazione di umidità alla saturazione è: $HSmo = 9.3 \text{ g/kg}$

Densità vapore acqueo a 12.6 °C

$$DVao = PM * Pa / (R * Kao) = 0.75763 \text{ kg/m}^3$$

$$Kao = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 285.750 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Concentrazione umidità alla saturazione

$$H_{So} = H_{Smo} * DV_{ao} = 7.0459 \text{ g/m}^3$$

Umidità assoluta $H_{Ao} = H_{S} * UR/100 = 7.0452 \text{ g/m}^3$

Umidità relativa $U_{ro} = 99.99 \%$

Situazione post operam

$$H_{Sme} = H_{smo} + f * \Delta T = 9.3055831 \text{ g/kg}$$

Densità vapore acqueo a 15.+ ΔT °C

$$DV_{ae} = PM * Pa / (R * K_{ae}) = 0.75761 \text{ kg/m}^3$$

$$K_{ae} = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 285.7567 \text{ °K}$$

Concentrazione umidità alla saturazione

$$H_{Se} = H_{Sme} * DV_{ae} = 7.0500 \text{ g/m}^3$$

Umidità assoluta media annua $H_{Ae} = H_{Ao} + \Delta H = 7.0491 \text{ g/m}^3$

Umidità relativa media annua $U_{Re} = H_{Ae} * 100/H_{Se} = 99.987 \%$

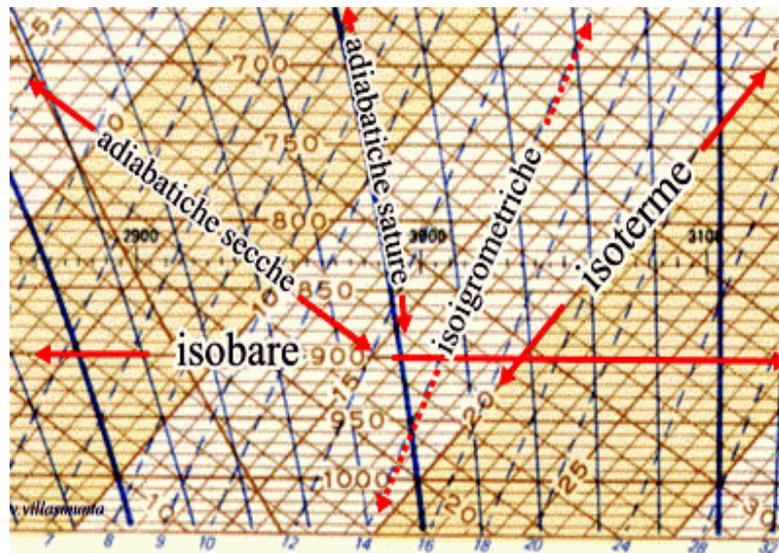


DIAGRAMMA TERMODINAMICO DI HERLOFFSON