

**ALLEGATO 1.D.1.11.1.**  
**VERIFICA ELEVAZIONE FIACCOLA E DISPERSIONE DEL GAS IN ATMOSFERA**  
**IN CASO DI MANCATO INNESCO**



## TERMINALE GNL NEL PORTO DI MONFALCONE VERIFICA IRRAGGIAMENTO FIACCOLA

Di seguito si riportano i dati principali e i risultati della verifica dell'irraggiamento e della dispersione di gas della fiaccola, dimensionata secondo le indicazioni riportate nello standard API 512.

La fiaccola funziona solo in emergenza e può scaricare fino a circa 160 t/h di gas naturale avente le composizioni di riferimento riportate nella seguente tabella:

**Tabella 1: Composizioni di Riferimento del GNL**

Sostanza	u. m.	Leggero	Pesante
Azoto	% mol	0.12	0.35
Metano	% mol	98.59	87.51
Etano	% mol	1.17	7.53
Propano	% mol	0.1	3.03
i-Butano	% mol	0.01	0.77
n-Butano	% mol	0.01	0.76
Pentani (C5+)	% mol	0	0.05
Peso molecolare	kg/kmol	16.26	18.66
PCI	MJ/kg	49.7	48.3
Densità liquido	kg/m <sup>3</sup>	424	468

La composizione del flusso utilizzato per le simulazioni, è metano al 100%.

I dati ambientali di riferimento utilizzati sono i seguenti:

- Temperatura media estiva: 22.8°C;
- Temperatura massima estiva: 28.9°C;
- Temperatura media invernale: 4.2°C;
- Temperatura minima invernale: -0.2°C;
- Umidità relativa dell'aria massima: 95%;
- Umidità relativa dell'aria minima: 42%.

I principali dati di dimensionamento della fiaccola sono riportati di seguito:

- Altezza 70m;
- LP Header 24";
- HP Header 18";
- Tip - Flare stack 24";
- Velocità di efflusso 110 m/s.;

Il dimensionamento della torcia è stato fatto in accordo allo standard UNI EN 1473, che prevede di considerare lo scarico normale e il maggiore scarico che avviene in condizioni di emergenza (Paragrafo 11.6, EN 1473). Nel caso specifico, gli scenari che risultano essere determinanti in emergenza sono:

- rilascio nominale più lo scarico delle valvole di sicurezza di uno dei serbatoi GNL (collettore bassa pressione);
- rilascio nominale più lo scarico delle valvole di sicurezza di uno dei vaporizzatori (collettore alta pressione).

Dei due scenari, quello dimensionante per portata di rilascio è il caso descritto al punto a.

La velocità del vento di riferimento per la verifica della torcia è di 8 metri al secondo, ma ulteriori verifiche sono state svolte anche per le velocità di 2, 5, 9, 12 e 30 m/s.

La verifica dei valori di irraggiamento attesi della fiaccola in campo libero è stata svolta per mezzo del programma Softbis, FlareSim 306.

La verifica dei valori di dispersione attesi in caso di mancato innesco del flusso in uscita dalla fiaccola è stata svolta per mezzo del programma Phast 6.54, DNV.

I valori target verificati fanno riferimento ai requisiti indicati nella norma EN 1473:2007, Tabella A.3 e A.4.

Di seguito si riporta la tabella dei principali risultati ottenuti per tale configurazione:

**Tabella 2: Verifica Irraggiamento Torcia**

Risultati		Velocità del vento					
		2 m/s	5 m/s	8 m/s	9 m/s	12 m/s	30 m/s
Irraggiamento alla base della fiaccola	kW/m <sup>2</sup>	2.1	2.4	2.6	2.6	2.8	3.4
Irraggiamento sul tetto del serbatoio – altezza 36m, distanza 73 m	kW/m <sup>2</sup>	3.5	4.1	4.5	4.7	5.1	7.0
Irraggiamento a 1.5 m di altezza e a 47 m di distanza	kW/m <sup>2</sup>	2.4	2.7	2.9	3.0	3.2	4.1
Irraggiamento massimo al livello del suolo a 47 m di distanza	kW/m <sup>2</sup>	2.4	2.7	2.9	3.0	3.2	4.0
Irraggiamento massimo alla recinzione ovest dell'impianto (in aree esterne).	kW/m <sup>2</sup>	2.4	2.7	3.0	3.1	3.3	4.1

I valori di irraggiamento a quota 1,5 m di altezza da terra a un raggio di 47 m dalla fiaccola, sono stati riportati a conferma che il raggio dell'area sterile di 50 m non interessa irraggiamenti maggiori di 3 kW/m<sup>2</sup>, valore che rappresenta il limite per lesioni reversibili all'uomo. L'accesso all'area sterile è infatti interdetto, poiché al suo interno i valori di irraggiamento potrebbero superare questa soglia.

**Tabella 3: Verifica Dispersione Torcia**

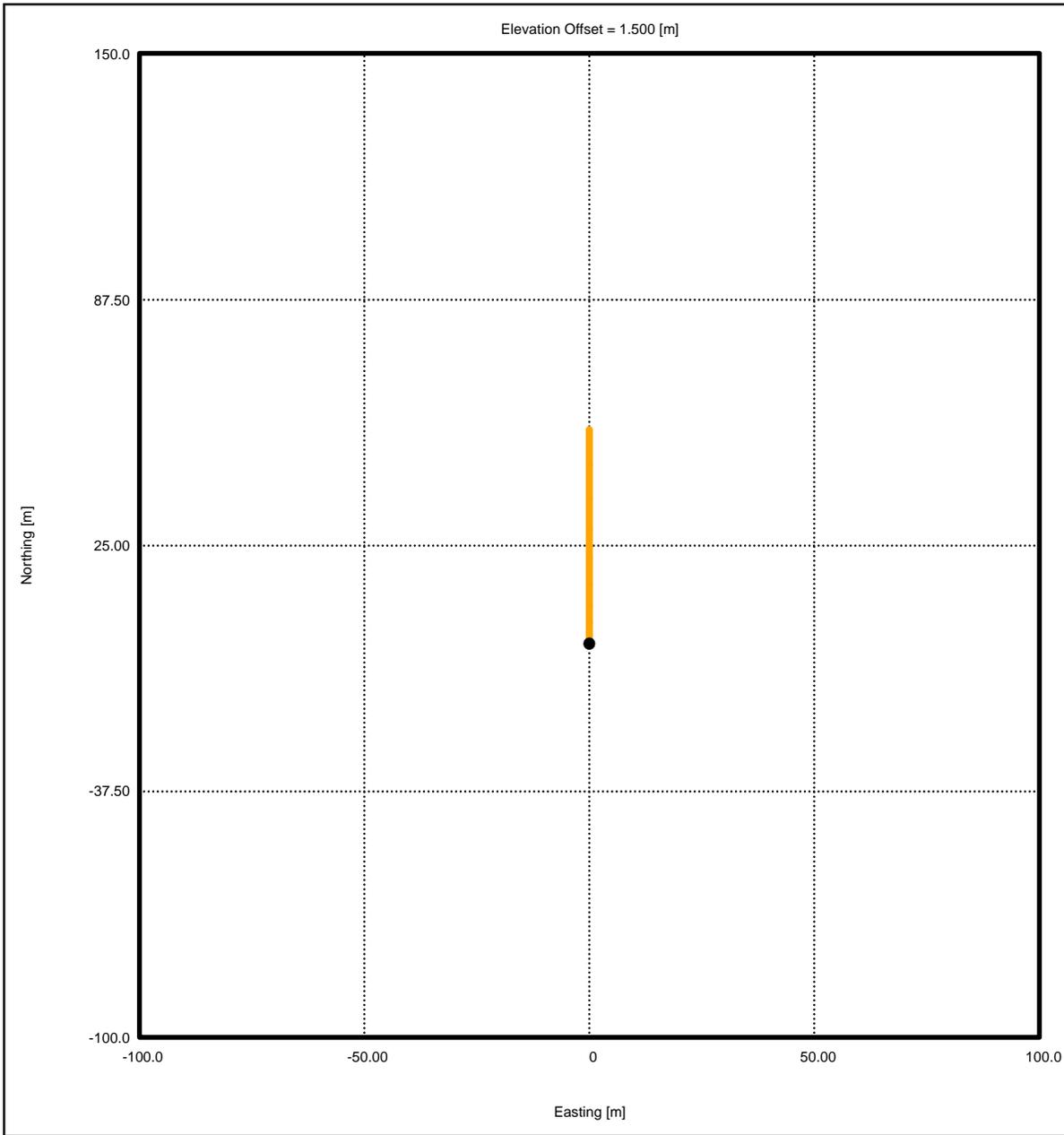
		2 m/s F	5 m/s D	8 m/s D	9 m/s D	12 m/s	30 m/s
LFL ½ - Quota	m	104	97	92	87	84	76
LFL ½ - Distanza (dalla torcia)	m	43	42	50	46	48	52

Nelle figure allegate di seguito sono riportate le curve di irraggiamento in sezione e in pianta (a quota 1,5; 2; 5; 10; 20; 30 e 40 metri) per le condizioni di vento 8 m/s e la vista laterale per le aree di dispersione in caso di condizioni meteo 2F, 5D, 8D, 9D, 12D e 30D.

I risultati della verifica mostrano che non si raggiungono condizioni pericolose per irraggiamento o dispersione di gas (in caso di mancato innesco) al suolo o in quota, con eccezione del tetto dei serbatoi dove, per velocità di vento molto elevate, possono raggiungersi valori di irraggiamento superiori a 5 kW/m<sup>2</sup>.

Le procedure operative del Terminale dovranno quindi prevedere il divieto di accesso al personale sul tetto del serbatoi di stoccaggio GNL in caso di velocità del vento superiore a 8 m/s, per la protezione degli operatori.

Valori significativi di irraggiamento e di dispersione restano inoltre al di sotto della superficie di decollo/atterraggio dell'aeroporto di Ronchi dei Legionari, attestata a 210 m di altezza.



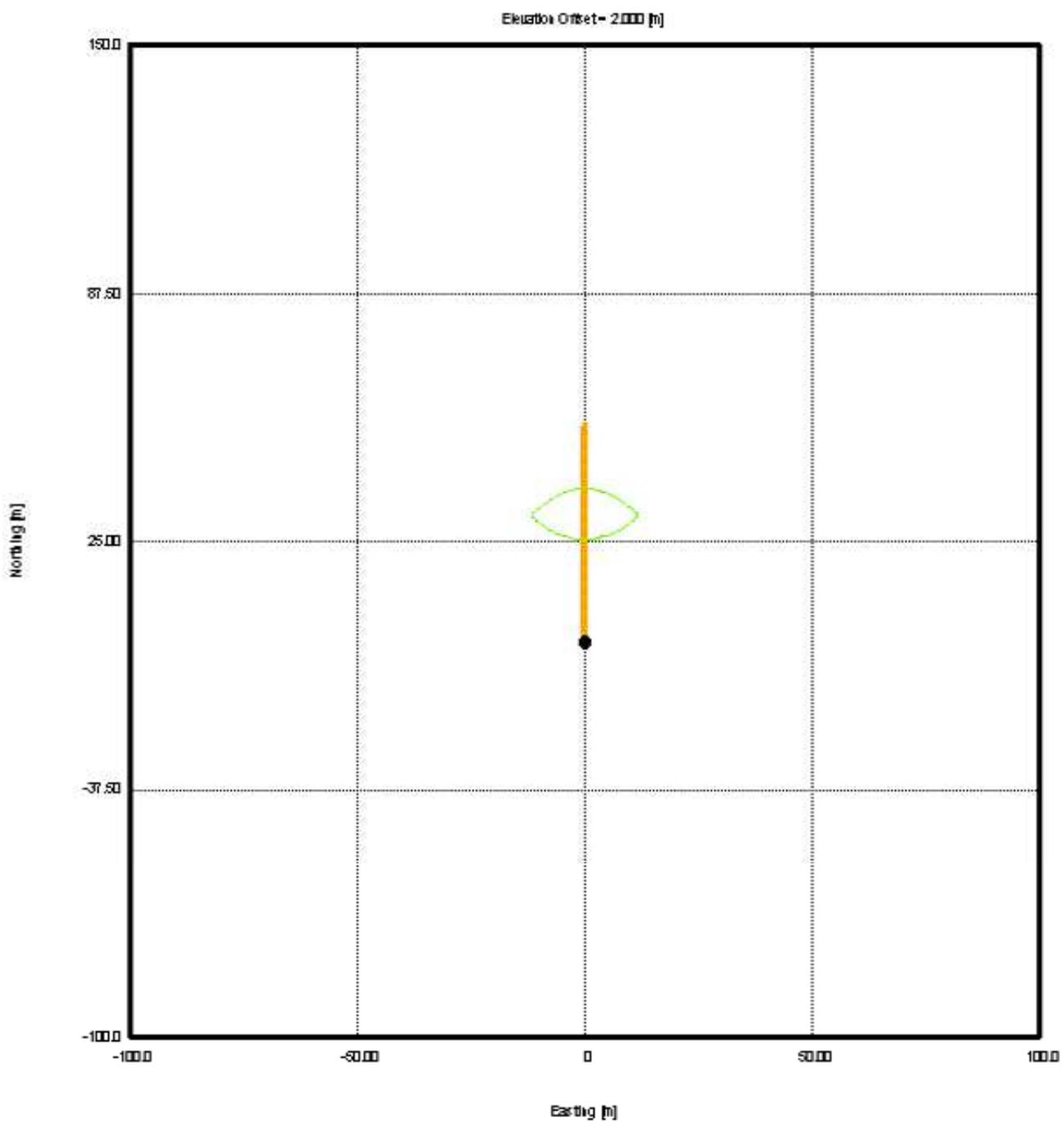
DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC.RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	

DESCRIPTION	UNITS	Stack 1
STACK LENGTH	m	70.00
STACK TO HORIZ.	°	90.00
STACK TO NORTH	°	0
WINDSPEED	m/s	8.000
WIND From NORTH	°	180.0
SOLAR RADIATION	kW/m2	N/A
TRANSMISSIVITY		1.000

**Softbits Consultants**

- 3.000 —      7.000 —      37.50 —
- 5.000 —      12.50 —

JOB		BY	
-----	--	----	--

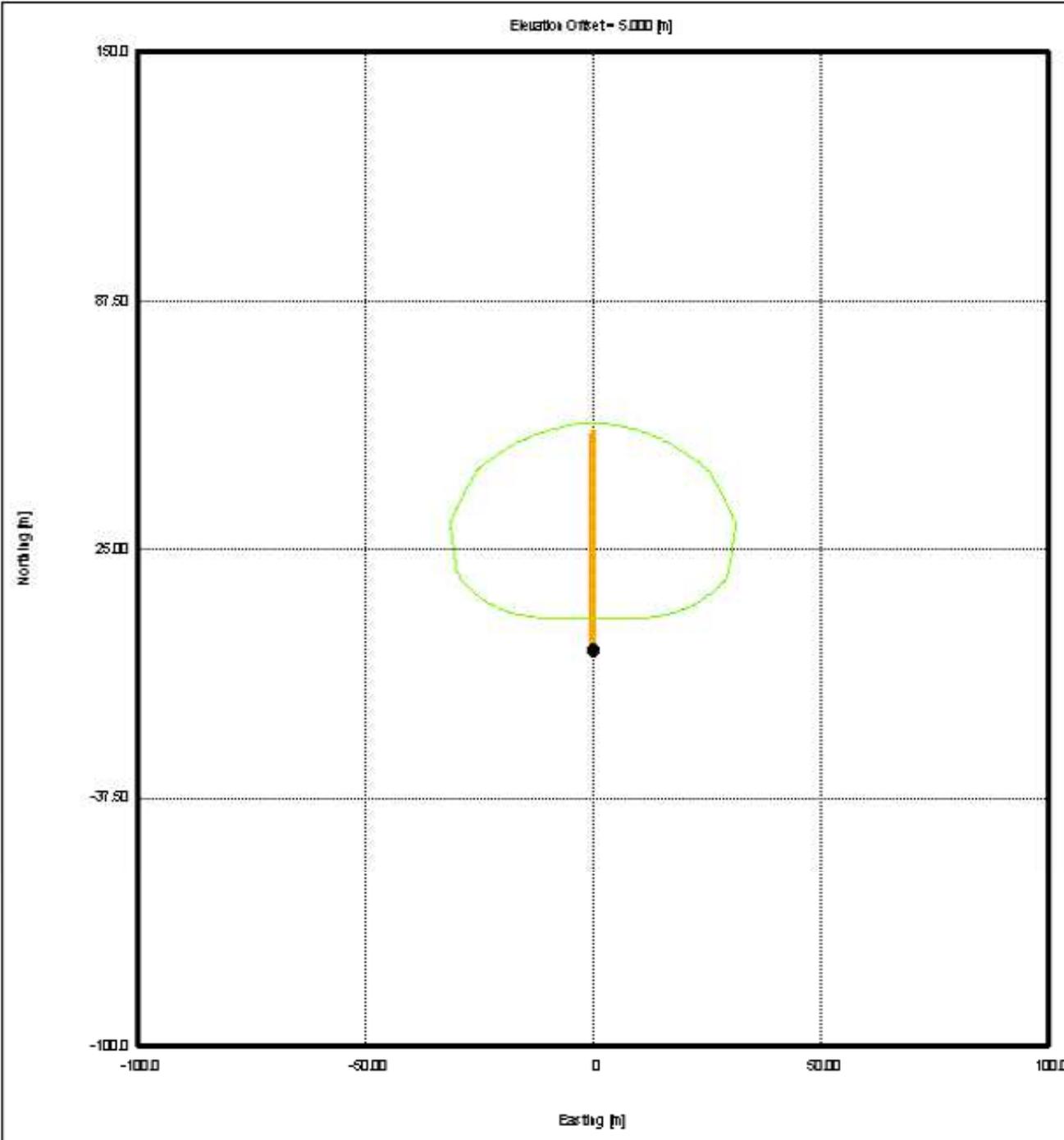


DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m <sup>2</sup>	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

- 3.000 —
- 7.000 —
- 37.50 —
- 5.000 —
- 12.50 —

JOB		BY	
-----	--	----	--

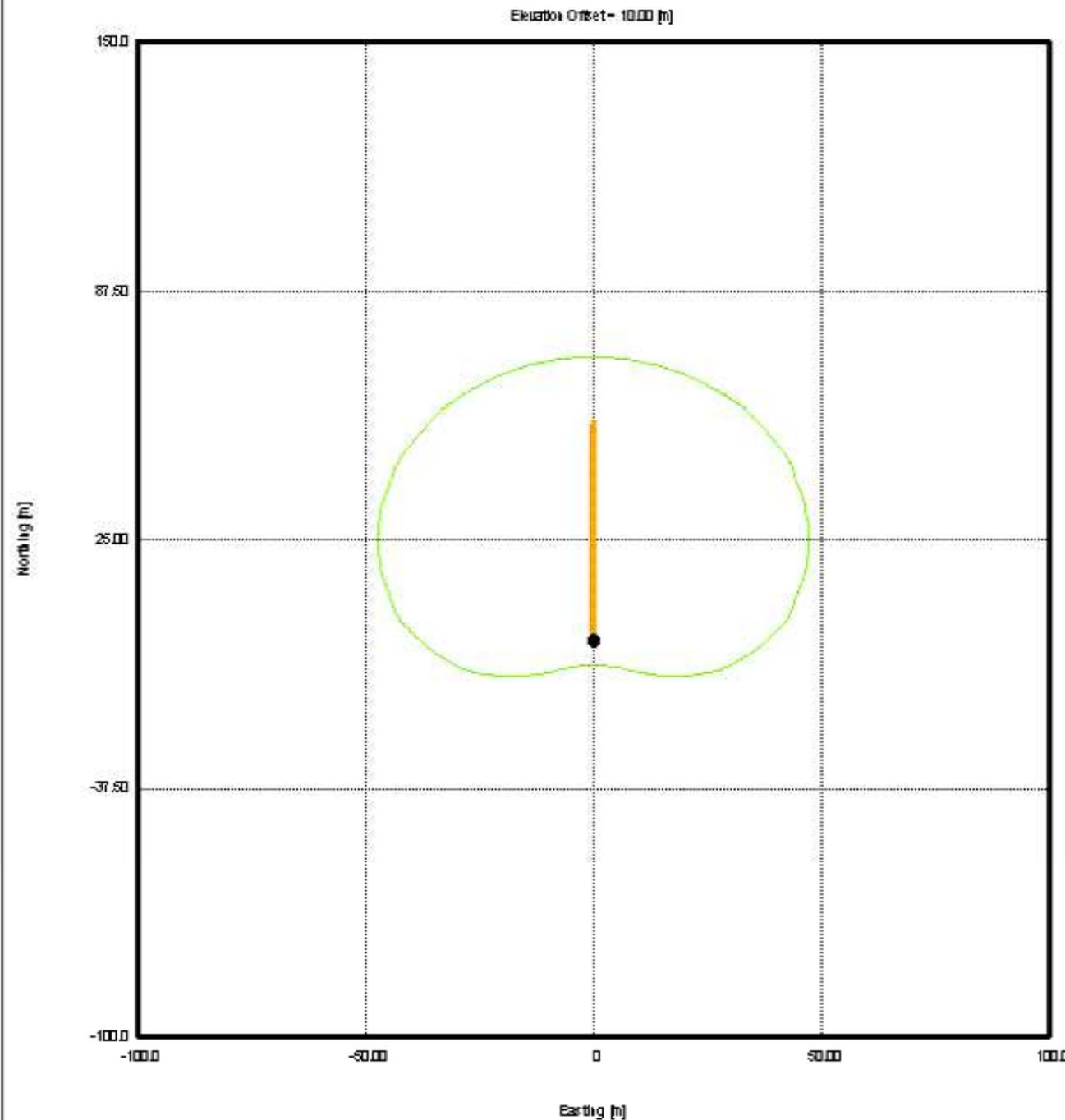


DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m2	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

- 3.000 —
- 7.000 —
- 37.50 —
- 5.000 —
- 12.50 —

JOB		BY	
-----	--	----	--



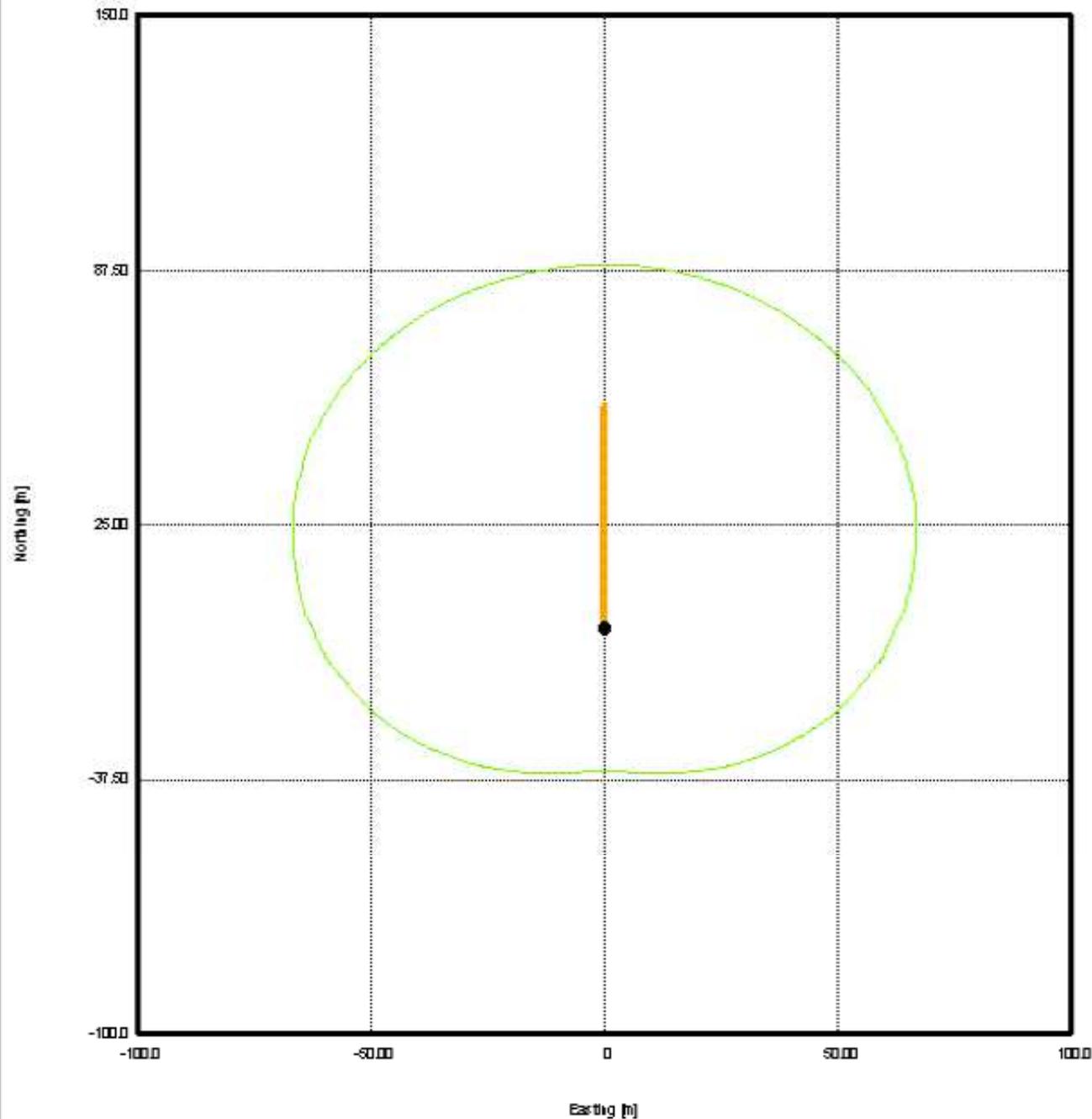
DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m2	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

3.000  7.000  37.50   
 5.000  12.50 

JOB		BY	
-----	--	----	--

Elevation Offset= 20.00 [m]

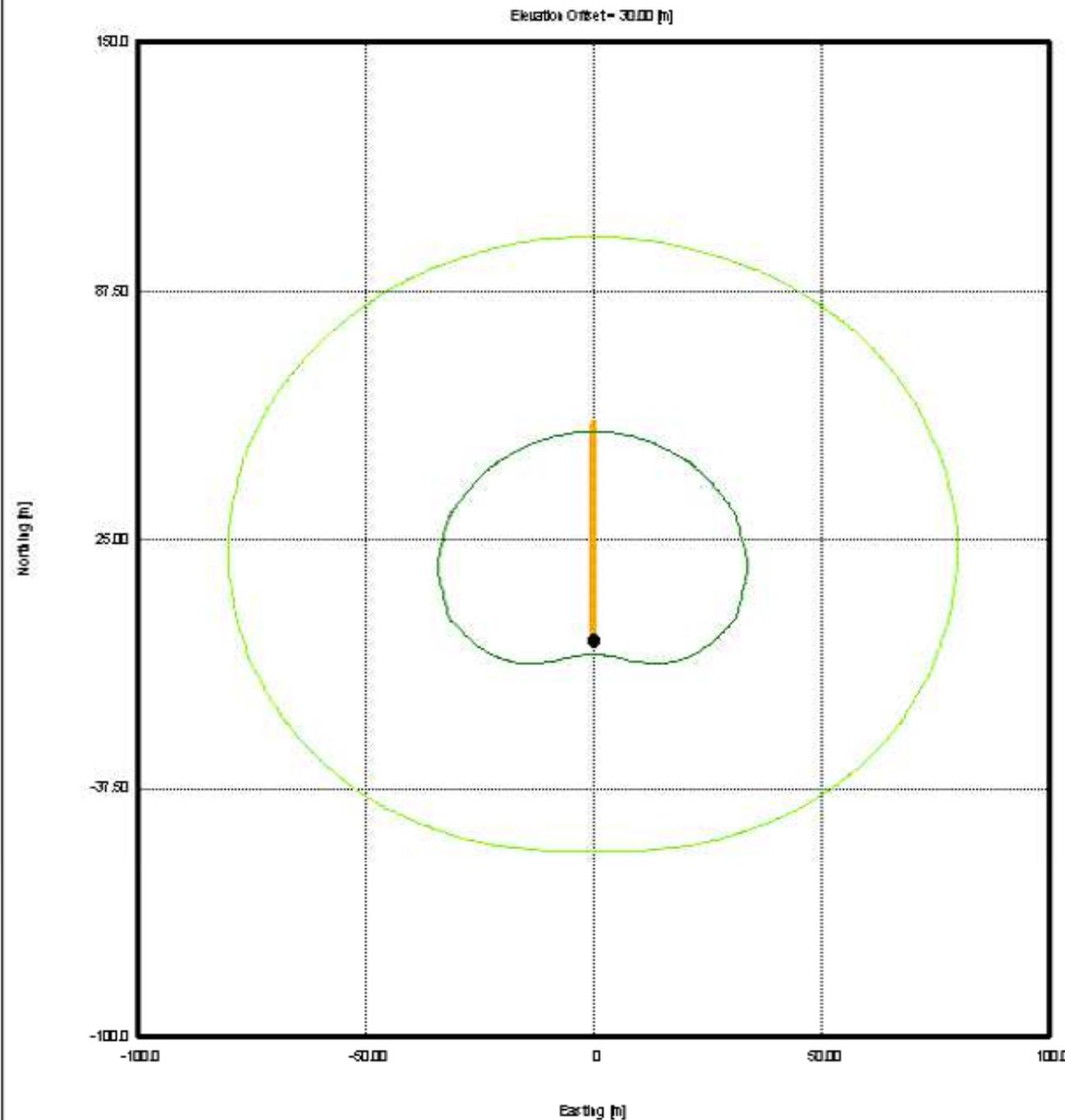


DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m2	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

3.000  7.000  37.50   
 5.000  12.50 

JOB		BY	
-----	--	----	--

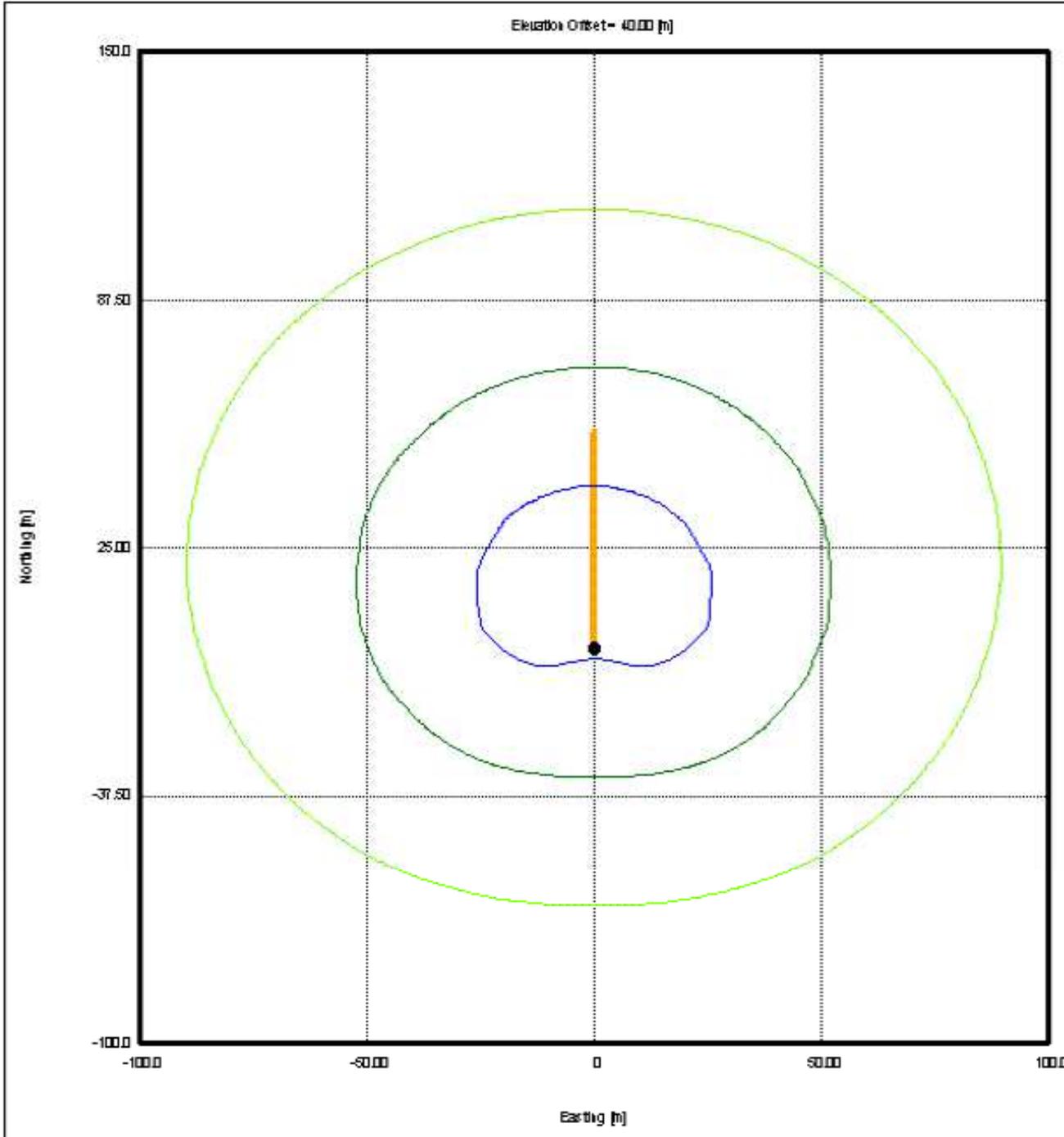


DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m <sup>2</sup>	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

3.000  7.000  37.50   
 5.000  12.50 

JOB		BY	
-----	--	----	--

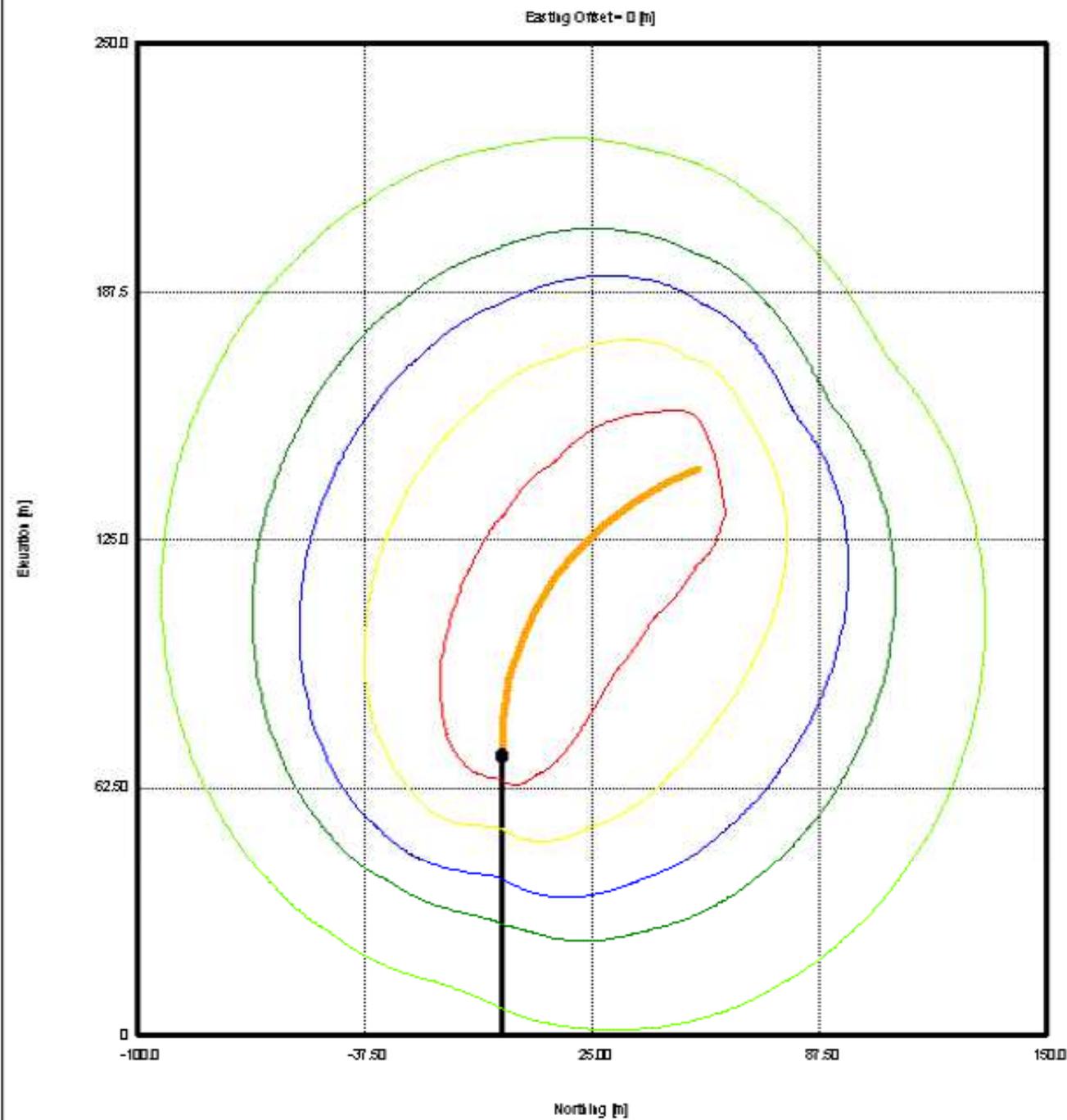


DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m2	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

- 3.000 — 7.000 — 37.50 —
- 5.000 — 12.50 —

JOB		BY	
-----	--	----	--

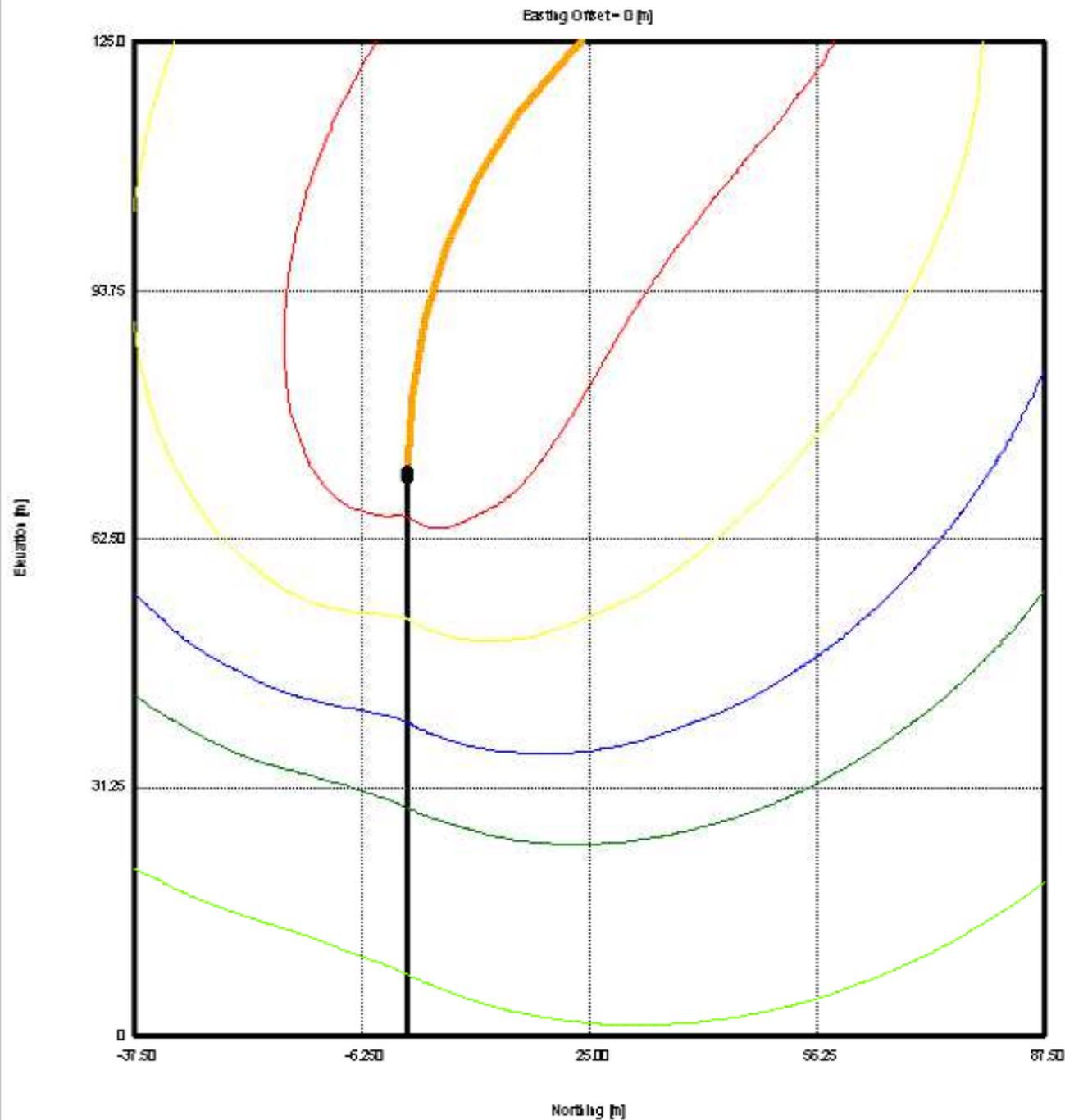


DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m2	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

3.000 ——— 7.000 ——— 37.50 ———  
 5.000 ——— 12.50 ———

JOB	BY



DESCRIPTION	UNITS	Tip 1	
TIP TYPE		Pipe	
NO. OF BURNERS		1	
TIP LENGTH	m	1.000	
TIP DIAMETER	mm	609.6	
ANGLE TO HORIZ.	°	90.00	
ANGLE TO NORTH	°	0	
FLOWRATE	kg/h	160000	
CALORIFIC VALUE	kJ/kg	50035	
MOL. WT.		16.04	
Cp/Cv		1.310	
FRAC. RADIATED		0.2132	
TEMPERATURE	C	10.00	
DESCRIPTION	UNITS	Stack 1	
STACK LENGTH	m	70.00	
STACK TO HORIZ.	°	90.00	
STACK TO NORTH	°	0	
WINDSPEED	m/s	8.000	
WIND From NORTH	°	180.0	
SOLAR RADIATION	kW/m2	N/A	
TRANSMISSIVITY		1.000	

Softbits Consultants

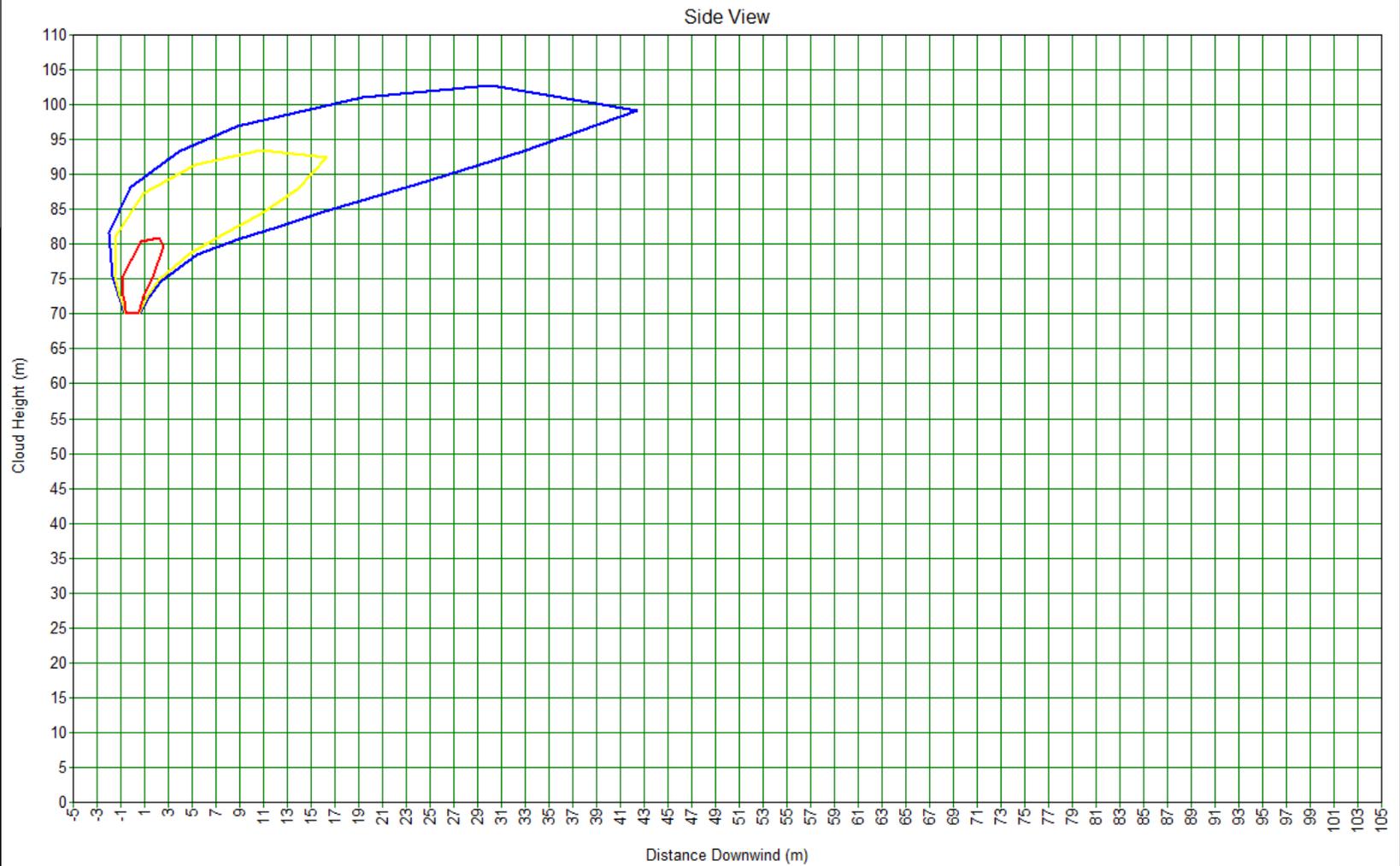
3.000 ——— 7.000 ——— 37.50 ———  
 5.000 ——— 12.50 ———

JOB		BY	
-----	--	----	--

## Dispersion Torcia – Velocità del vento 2 m/s – Classe di stabilità F

Study Folder: flare 70 m dispersione  
Audit No: 8571  
Model: Flare 70m  
Weather: Category 2/F  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 7,084 s

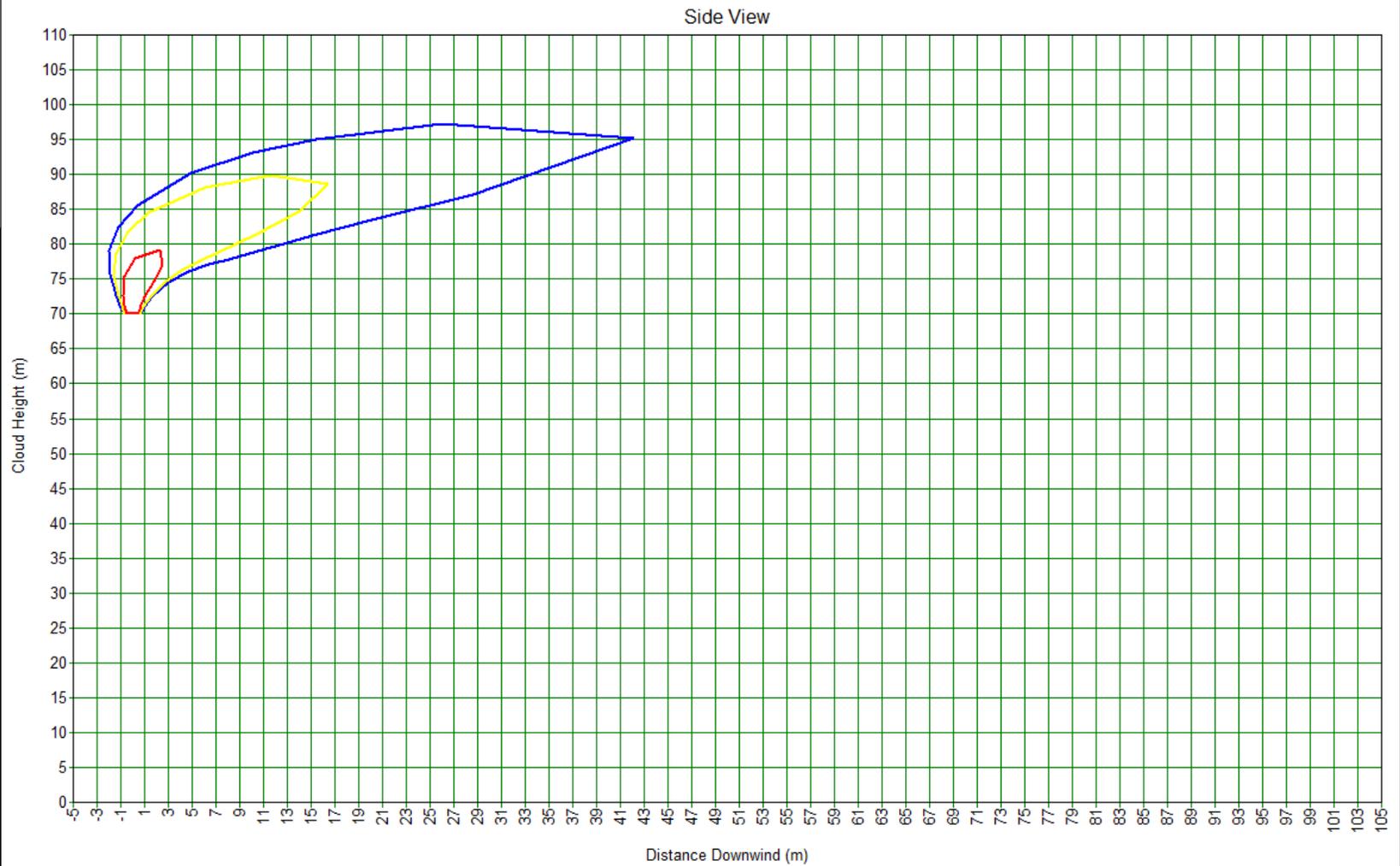
— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm  
— 1,65e+005 ppm



## Dispersion Torcia – Velocità del vento 5 m/s – Classe di stabilità D

Study Folder: flare 70 m dispersione  
Audit No: 8571  
Model: Flare 70m  
Weather: Category 5/D  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 5,731 s

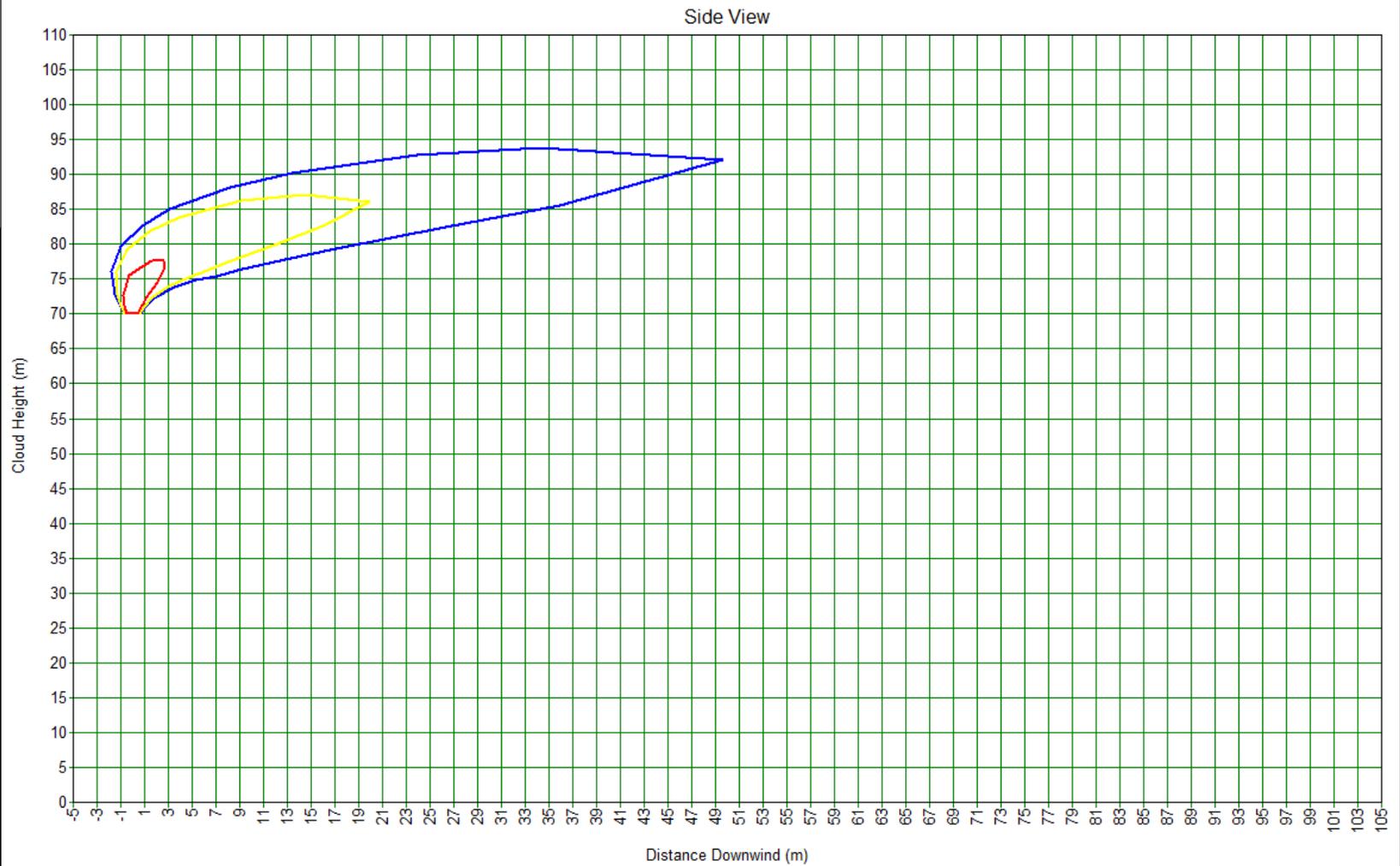
— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm  
— 1,65e+005 ppm



## Dispersion Torcia – Velocità del vento 8 m/s – Classe di stabilità D

Study Folder: flare 70 m dispersione  
Audit No: 8571  
Model: Flare 70m  
Weather: Category 8/D  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 5,033 s

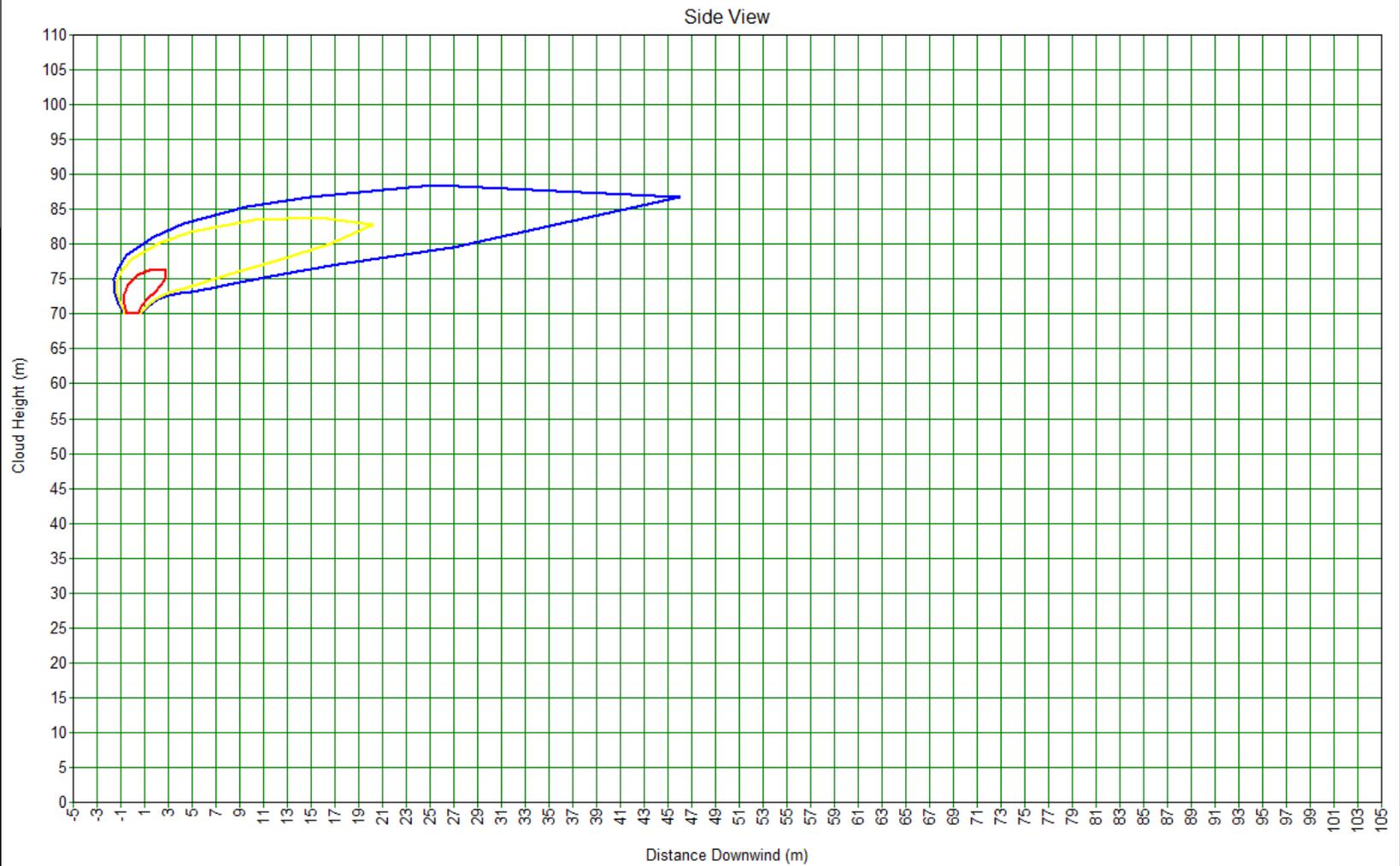
— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm  
— 1,65e+005 ppm



## Dispersion Torcia – Velocità del vento 9 m/s – Classe di stabilità D

Study Folder: flare 70 m dispersione  
Audit No: 8571  
Model: Flare 70m  
Weather: Category 9/D  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 3,553 s

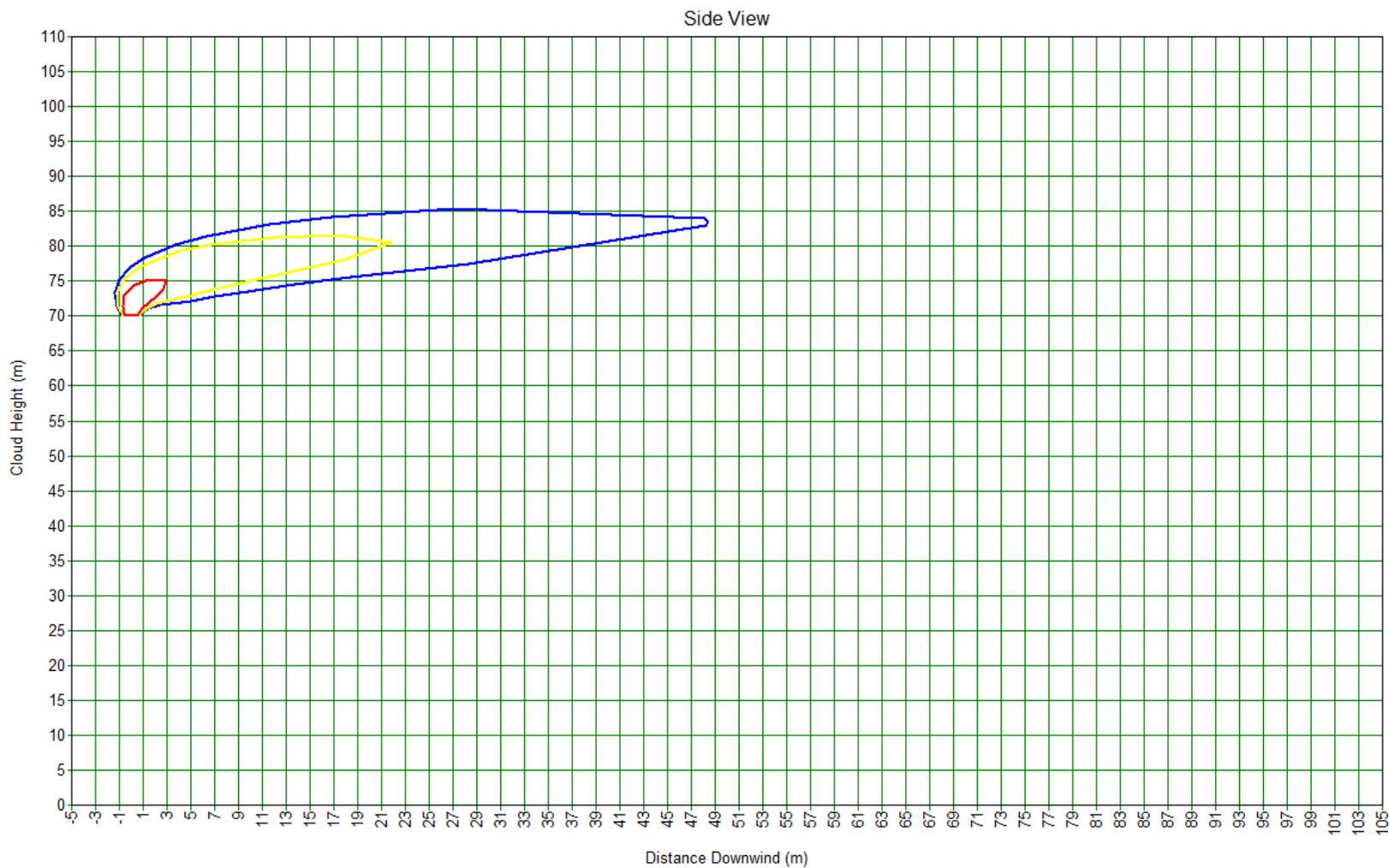
— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm  
— 1,65e+005 ppm



## Dispersion Torcia – Velocità del vento 12 m/s – Classe di stabilità D

Study Folder: flare 70 m dispersione  
Audit No: 8571  
Model: Flare 70m  
Weather: Category 12/D  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 2,849 s

— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm  
— 1,65e+005 ppm



## Dispersion Torcia – Velocità del vento 30 m/s – Classe di stabilità D

Study Folder: flare 70 m dispersione  
Audit No: 8571  
Model: Flare 70m  
Weather: Category 30/D  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 1,234 s

— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm  
— 1,65e+005 ppm

