



RAFFINERIA DI ROMA **TECHNIP ITALY S.p.A.**

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

HAZAN REPORT

REV.	DATE	STATUS	WRITTEN BY (name & visa)	CHECKED BY (name & visa)	APPROV./AUTHOR. BY (name & visa)
B	15/09/2006	FINAL ISSUE	A.SCALESSE	C.PAESANI	C.PAESANI/A.LOLLA
A	21/07/2006	ISSUE FOR REVIEW	A.SCALESSE	C.PAESANI	C.PAESANI/A.LOLLA

DOCUMENT REVISIONS



RAFFINERIA DI ROMA



TECHNIP ITALY S.p.A.

Project N° Unit Document Code Serial N° Rev. Page
2263 000 ML 201 B 1/73

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

HAZAN REPORT

B	15/09/2006	FINAL ISSUE	A.SCALESSE	C.PAESANI	C.PAESANI/A.LOLLA
A	21/07/2006	ISSUE FOR REVIEW	A.SCALESSE	C.PAESANI	C.PAESANI/A.LOLLA
REV.	DATE	STATUS	WRITTEN BY (name & visa)	CHECKED BY (name & visa)	APPROV./AUTHOR. BY (name & visa)
DOCUMENT REVISIONS					



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

**TABLE OF CONTENTS
CONTENTS**

PREFACE

1. ACRONYMS 3

2. REFERENCIES 3

3. STUDY METHODOLOGY..... 3

3.1. Methodology 3

3.1.1. Identification of Potential Initiating Events 3

3.1.2. Evaluation of expected frequencies for initiating events..... 3

3.1.3. Evaluation of expected frequencies for final outcomes (scenario)..... 3

3.1.4. Hazard Modelling and Evaluation of Consequences 3

3.2. Tools 3

3.3. Meteorological data 3

3.4. General hypotheses 3

4. HAZARDOUS ANALYSIS 3

4.1. Hazardous Release Events in Process Area..... 3

4.1.1. HAZOP Analysis 3

4.1.2. Historical Analysis..... 3

4.1.3. Random release event Analysis..... 3

4.1.4. Hazardous Release selected 3

4.2. Domino effect..... 3

5. CONSEQUENCE ASSESSMENT 3

6. RESUNTS AND CONCLUSION 3

ANNEX 1: Hazardous scenario effect distances

ANNEX 2: Italian Translation



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

PREFACE

The scope of this analysis is to identify the hazardous scenarios, maximum credible consequences and associated distances to the facilities of OP LOOP Project and the evaluation of possible domino effects towards the neighbour Units, through the following steps:

- ◆ *Identification of potential initiating events,*
- ◆ *Evaluation of expected frequencies for initiating events and relevant accidental scenarios,*
- ◆ *Hazard modelling and evaluation of consequences (e.g., stationary, instantaneous or short time thermal radiation, overpressure),*
- ◆ *Identification of risk mitigating measures (if necessary),*



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

1. ACRONYMS

DNV	Det Norske Veritas
LFL	Lower Flammable Limit – Minimum flammable concentration inside mixture with air which determines cloud flammable characteristics.
HAZAN	Hazard Analysis
UFL	Upper Flammable Limit – Maximum flammable concentration inside mixture with air, which determines cloud flammable characteristics.
VCE	Vapour Cloud Explosion
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion.

2. REFERENCES

- [Rer.1] E&P Forum Report - Hydrocarbon Leak and Ignition Data Base
- [Ref.2] Project documentation:
- PFD 2263-142-PFD-00-10-xx Rev.B
 - H&M Balance 2263-142-CN-0001-01 Rev.B
 - P&ID 2263-00-PID-00-21-xx Rev.C
 - Plot Plan 2263-142-DW-00-51-xx Rev.C
- [Ref.3] Raffineria di Roma document “Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti”



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

3. STUDY METHODOLOGY

As general approach, a HAZAN analysis takes into account frequency of occurrence of hazardous material releases, magnitude of harmful effects associated to hazardous scenarios generated from releases, and their probability of development into such hazardous scenarios.

Hazardous scenarios can be classified as follows:

- q Toxic cloud – a toxic material released to atmosphere can originate a toxic cloud that disperses into atmosphere. Effects to humans depend on toxic concentration and exposure time (toxic load)
- q Pool Fire – a flammable or combustible liquid released to atmosphere can form a pool; flammable vapours above the pool can be ignited originating a pool fire. Effects to humans depend on radiation levels
- q Jet Fire – a flammable gas released to atmosphere at high velocity can be ignited at origin giving a jet fire. Effects to humans depend on radiation levels
- q Flash Fire – a flammable gas or a flashing liquid released to atmosphere, if not immediate ignited, disperse to atmosphere originating a cloud. The area of the cloud comprised between LFL and UFL can develop into a Flash Fire if ignited. Effects on humans are associated only to the extent of the flammable cloud
- q VCE – a flammable cloud (see previous point) can develop into a Vapour Cloud Explosion, if the burning velocity of the cloud is increased due to turbulence generated by obstacles present in the cloud. Effects on humans are associated to levels of overpressure generated by pressure wave, and by the effects of building and structure failure.

3.1. Methodology

The HAZAN Study identifies the hazardous scenarios, maximum credible consequences and associated distances to the facilities of OP LOOP Project and the evaluation of possible domino effects towards the neighbour Units.

The HAZAN is carried out through the following steps:

- ◆ Identification of potential initiating events,
- ◆ Evaluation of expected frequencies for initiating events and relevant accidental scenarios,
- ◆ Hazard modelling and evaluation of consequences (e.g., stationary, instantaneous or short time thermal radiation, overpressure),
- ◆ Identification of risk mitigating measures (if necessary),
- ◆ Evaluation of domino effect



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

3.1.1. Identification of Potential Initiating Events

To carry out this first step of the study, variety of sources are used to identify incidents which might be hazardous:

- ◆ Records of accidents in similar facilities world-wide and in the client's organization.
- ◆ Discussion with the engineers who have prepared the proposed design.
- ◆ Using the coarse hazard and operability study developed at early design stage.

Incidental events that can occur in process plants can be subdivided into two categories and for each category a different method is applied in order to evaluate the expected frequency, as shown hereinafter.

Incidental events due to uncontrolled variations of process parameters

These incidental events (called "Top Events") are due to simultaneous occurrence of primary events (i.e. failure of controlling devices characterized by failure rates) and no intervention or inadequate intervention of protective devices (characterized by failure probabilities/unavailabilities).

The logical interrelationship among the initiating events leading to the Top Event is represented by means of Fault Trees (F.T.). By means of the quantitative analysis of a F.T. it is possible to determine the expected Top Event frequency of occurrence.

Incidental events due to random ruptures of plant components

A plant could be subject to incident due to loss of containment having different severity whose origin can not be clearly defined (random failures due to material defects, construction errors, corrosion, maintenance problems, etc.).

These ruptures are due to reasons not directly related with process deviations. For this kind of incidental events there is a direct relationship between the rupture and the release of dangerous substances.

It is common practice to consider those cases by assuming leaks for components (vessels, pipework, pumps, compressors, valves, etc.) in the most dangerous sections of the plant, identified by considering the fluid processed, the operating conditions and the total inventory handled.

Otherwise, a hazard identification study is carried out in which the design information for critical areas for the effects of various deviations and accident situations are examined to identify incidents which would not be prevented by mitigating features of the design or operation. Where designs are not sufficiently detailed for this study, appropriate assumptions are done.

Fault trees for the incidents of concern are developed when they are not related to simple leakage/rupture for which the statistical data are assumed.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Fault tree analysis is a methodology employed in the evaluation of occurrence frequencies of final significant hazard on the basis of failures in the engineering systems, or fault during their operation. This analysis provides a graphical representation of the relationship between certain specific basic events and the ultimate underside event.

The probability of each scenario that can occur from the ultimate underside event is evaluated by means event tree methodology.

With this method analysis, various material, personnel and environmental factors influencing the rate of system failure can be examined systematically. Utilization of this method allows for the recognition of combinations of failures, which may not otherwise be easily discovered.

3.1.2. Evaluation of expected frequencies for initiating events

The failure rates data which are used are derived from information reported in the literature, information supplied by the client and an estimates based on proprietary industrial data collected while working on other risk assessment studies.

Where necessary, data base information is adjusted using experience of the study team to eliminate non-applicable items or to modify data. Typically, attention is given to the range of data, with particular reference to the level of confidence of the information.

In cases where appropriate data are not available, an attempt is made by experienced engineers to adjust the reference data for suitability in the particular operating conditions. Typically, data obtained from manufacturers or other industrials users of equipment in question is studied and compensations made wherever a difference of operation or environment is noted.

3.1.3. Evaluation of expected frequencies for final outcomes (scenario)

According to the events tree technique, basing on the estimated frequencies of initiating events, the expected frequencies for final scenarios are estimated.

Only scenarios with a frequencies of occurrence $>5 \cdot 10^{-6}$ occ/year are considered significant for this analysis (according to [Ref.3]).

For each hazardous event (both Top Events and random ruptures) the identification of the consequent scenarios and the assessment of the relevant frequency of occurrence will be performed by means of the Event Tree Analysis (E.T.A.).

An event tree (E.T.) graphically shows the possible outcomes of an accident that results from an initiating event.

Each branch of the event tree represents a separate accident sequence; i.e. a defined set of functional relationships between the initiating event and the subsequent events.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

3.1.4. Hazard Modelling and Evaluation of Consequences

In keeping with overall objectives of the study, a detailed hazard evaluation is generally required to model and quantify the levels of hazard, typically those associated with the accidental release of flammable and toxic materials developing to accidental scenarios such as:

- ◆ Jet Fire,
- ◆ Vapour Cloud Explosion,
- ◆ Flash Fire,
- ◆ Pool Fire,
- ◆ Fireball,
- ◆ Toxic release.

The accidental scenarios are the “final” scenarios in which the incidental events could develop, according to the characteristics of the top event itself (type of release, substance handled, etc.) and of some external parameters (ignition sources, fire and gas detection, isolation system, fire fighting, meteorological conditions, etc.).

3.2. Tools

Incident frequencies related to random ruptures have been derived from the estimated frequency data available in E&P Forum Report - Hydrocarbon Leak and Ignition Data Base [Ref.1], in which rupture frequencies related to equipment typologies and pipes are given.

In order to evaluate the leak frequency from pipes, some hypotheses were made (e.g.: pipe length, valve, flange, small bore fitting number) on the basis of available design data.

Release consequences have been evaluated by means of DNV Software - PHAST Professional 6.5.1

3.3. Meteorological data

The following meteorological data have been adopted:

Wind speed (m/s)/Stability Class	5/D and 2/F
Ambient Temperature	20°C
Humidity	70%

With reference to Decreto Ministero dell’Ambiente n°188 20/10/98 “Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relative ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici” wind stability class 2F and 5D have been adopted (the wind stability class 5D is in accordance with the characteristic of the site according to



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Raffineria di Roma document "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" [Ref.3]).



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

3.4. General hypotheses

The following general hypotheses have been adopted in the present analysis.

Release duration: intervention of safety preventive/protective measures (e.g. flammable/toxic gas detectors, emergency block valves, emergency shut down systems) shown on P&IDs and on Plot Plan [Ref.2], are taken into account in order to assign a release duration:

- 3 min isolation time has been adopted in case of remote isolation system presence;
- 15 min isolation time has been adopted in the other cases taking into account the hold-up available and the possibility to route vessels and lines content.

Explosion: Explosions have been considered possible only when the calculated flammable mass inside vapour cloud is greater than

§ 500 kg for Hydrocarbon (Naphtha, gas oil, LPG, ...),

§ 200 kg for Hydrogen (or high Hydrogen concentration).

Gaseous toxic mixture: mixtures containing toxic material at concentration greater than 5%wt have been considered as toxic material.

Wind: for consequence assessment, dispersions have been calculated monitoring toxic/flammable concentration downwind, regardless of prevailing wind direction.

Hazardous material composition: for consequence assessment the hazardous material has been simulated by means of a "simplified composition" having the objective to give the most appropriate conservative results with respect to the hazardous scenarios applicable to the "real material composition".



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Harmful threshold limit values for consequences assessment

For flammable releases the effect depends upon:

- the radiation level in case of stationary thermal radiation (as for radiation from pool fire and jet fire),
- the extent of the flammable cloud in case of flash fire,
- the total thermal radiation in case of non stationary radiation (fireball following BLEVE)
- the overpressure in case of explosion (VCE).

Harmful effect distances have been calculated with reference to the following threshold limit values according to Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n° 151 09/05/2001 "Requisiti minimi di sicurezza in material di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

Hazardous scenario	Fatality (elevata letalità)/ Domino effect*	Possible Fatality (inizio letalità)	Non Reversible Injuries (lesioni irreversibili)	Reversible Injuries (lesioni reversibili)
Pool fire	12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Jet fire	12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Flash Fire	LFL	½ LFL	-	-
BLEVE/ Fireball	Raggio Fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²
VCE	0.3 bar	0.14 bar	0.07 bar	0.03 bar
Toxic release	LC50 (30 min)	-	IDLH (30 min)	-

*For the steel equipment the domino effect threshold limit of 37,5 kW/m² is taken according to Raffineria di Roma document "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" [Ref.3].



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4. HAZARDOUS ANALYSIS

The typology of materials handled in Raffineria di Roma OP LOOP Project are:

Hazardous

- Vapour mixture containing toxic material (only H₂S is present as toxic material);
- Liquid mixture containing toxic material (only H₂S is present as toxic material);
- Liquid flammable/combustible mixture (containing huge concentration of flammable/combustible materials)
- Vapour flammable/combustible mixture (containing huge concentration of flammable/combustible materials)

Not Hazardous

- Liquid mixture having not flammable combustible materials
- Vapour mixture having not flammable/combustible materials

Rich amine solution can be considered as liquid mixture containing toxic material (H₂S) but it is not considered hazardous because at atmospheric pressure the percentage of vapour phase is very low (0.02%wt vapour and 99.8%wt liquid) and the percentage of H₂S contained in the vapour phase is low too (4%wt lower than 5% wt).

4.1. Hazardous Release Events in Process Area**4.1.1. HAZOP Analysis**

According to the HAZOP analysis result following scenario are not been considered:

- Equipment catastrophic rupture caused by exceeded the maximum allowable limit condition
 - high temperature: reactor, heat exchanger, heater and related piping are element subjected to this condition even if the proper design of the equipment and the upstream circuit and the position of alarm and trip allow to consider the risk negligible
 - high pressure: all equipment and piping are subjected to pressure condition; the criteria addressed to design the equipment for the worst condition or to install pressure relief device adequately size in conjunction with alarm
- Condition of high pressure and temperature: the reaction circuit up to the HP Cold Separator contains elevated quantity of flammable/combustible material in order to consider the risk associated to fine exposure negligible a dedicated depressurization system is provided
- Developing of uncontrolled reaction (runaway): the reaction cinetics and the design of the circuit allow to consider negligible such risk
- PSV release: all PSV in hazardous service are connected to the flare system, so no consequences are associated to the PSV releases



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4.1.2. Historical Analysis

The more representative scenario highlighted from the historical analysis is a release associated with leak of the volumetric compressor of the existing desulfurization Unit.

4.1.3. Random release event Analysis

For the main Facilities typical conditions release events are selected on the basis of:

- probabilistic factors (release frequency);
- operating conditions (temperature and pressure).

Accidental release events are characterized as follows:

- Leak dimension and frequency level;
- Operating conditions;
- Material;
- Release duration.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4.1.4. Hazardous Release selected

Basing on HAZOP Analysis, Historical Analysis and Random Release Event Analysis, the most hazardous circuits of the OP LOOP Project Phase A have been selected and in each ones the worst situations in terms of hazardous conditions. Thus, other hazardous circuits and release event can be applicable, with similar (equal or lower) frequencies of occurrence and similar (equal or lower) effect distances.

Release from R-4201 Circuit

Main hazardous equipment:

- Feed Heater H-4201
- Reactor R-4201
- Heat exchangers S-4201 S-4202

Type of circuit:

- Piping 30m
- Flanges 11
- Vessels 4
- Small bore fittings 10

Release location: Heat exchanger S-4202

Released fluid: vaporized GasOil to R-4201

- Hazardous Characteristic: Flammable
- Simplified Composition (%wt): 55% methane, 23% ethane, 6% propane, 3% butane, 3% pentane, 10% hydrogen

T: 300 °C

P: 82.35 bar

Release Phase: V

Possible Accidental Scenario: flash fire; jet fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Release from R-4206 Circuit

Main hazardous equipment:

- Condenser S-4204 S-4205
- High Pressure Cold Separator R-4206
- High Pressure Amine Absorber ko drum R-4208

Type of circuit:

- Piping 20m;
- Flanges 7;
- Valves 1;
- Vessels 4;
- Small bore fittings 10;

Release location: Amine absorber ko drums

Released fluid: vaporized GasOil from R-4206

- Hazardous Characteristic: Flammable, toxic ⁽¹⁾
- Simplified Composition (%wt): 60% methane, 22% ethane, 5% propane, 2% butane, 3% hydrogen sulphide, 8% hydrogen

T: 40°C

P: 70 bar

Release Phase: V

Possible Accidental Scenario: flash fire; jet fire; toxic release

(1) The stream can not be considered toxic being the concentration of H2S lower than 5% wt (release to Phase A of the OP LOOP Project). Nevertheless the scenario have been analyzed since the high pressure of circuit can result in high release rate.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Release from K-4202 Circuit

Main hazardous equipment:

- Hydrogen Make Up Compressor K-4202A/B
- Make Up Cooler S-4203
- Make Up Separator R-4211

Type of circuit:

- Piping 20m;
- Flanges 6;
- Vessels 2;
- Compressor 1;
- Small bore fittings 10;

Release location 2hd stage make up compressor suction

Released fluid: hydrogen make up to K-4202

- Hazardous Characteristic: Flammable
- Simplified Composition (%wt): 32% methane, 28% ethane, 14% propane, 12% butane, 14% hydrogen

T: 116°C

P: 37 bar

Release Phase: V

Possible Accidental Scenario: flash fire; jet fire; VCE



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Release from K-4201 Circuit

Main hazardous equipment:

- Recycle Compressor K-4201A/B
- Recycle Compressor ko Drum R-4209

Type of circuit:

- Piping 30m;
- Flanges 17;
- Valves 7;
- Vessels 1;
- Compressor 1;
- Small bore fittings 10;

Release location: Recycle compressor suction

Released fluid: Recycle gas to K-4201

- Hazardous Characteristic: Flammable
- Simplified Composition (%wt): 58% methane, 23% ethane, 4% propane, 6% butane, 9% hydrogen

T: 40°C

P: 70 bar

Release Phase: V

Possible Accidental Scenario: flash fire; jet fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Release from P-4201 Circuit

Main hazardous equipment:

- Feed Pumps P-4201 A/B

Type of circuit:

- Piping 10m;
- Flanges 21;
- Valves 9;
- Pump 1;
- Small bore fittings 10;

Release location: pump suction

Released fluid: GasOil to P-4201

- Hazardous Characteristic: Flammable
- Simplified Composition (%wt): 20% decane, 80% docosane

T: 43°C

P: 1 bar

Release Phase: L

Possible Accidental Scenario: flash fire; pool fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Release from P-4206 Circuit (this circuit is associated to the Vacuum Dryer)

Main hazardous equipment:

- Dryer Slops Pump P-4206 A/B

Type of circuit:

- Piping 10m;
- Flanges 17;
- Valves 6;
- Pump 1;
- Small bore fittings 10;

Release location: pump suction

Released fluid: GasOil to P-4206

- Hazardous Characteristic: Flammable
- Simplified Composition (%wt): 10% pentane, 30% octane, 70% decane

T: 40°C

P: 1.3 bar

Release Phase: L

Possible Accidental Scenario: flash fire; pool fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Release from P-4205 Circuit (this circuit is associated to the Vacuum Dryer)

Main hazardous equipment:

- Product Oil Pump P-4205 A/B

Type of circuit:

- Piping 10m;
- Flanges 16;
- Valves 6;
- Pump 1;
- Small bore fittings 10;

Release location: pump suction

Released fluid: GasOil to P-4205

- Hazardous Characteristic: Flammable
- Simplified Composition (%wt): 40% decane, 60% docosane

T: 180°C

P: 1 bar

Release Phase: L

Possible Accidental Scenario: flash fire; pool fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Selection of Leak

Taking into account the line/equipment dimension, proper release size has been selected, in order to consider all leak scenarios which could occur.

According to Raffineria di Roma document "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" [Ref.3], hazardous scenarios with frequencies of occurrence lower than $5 \cdot 10^{-6}$ event/year are considered not significant in terms of risk.

Considering that, those frequencies of occurrence are the result of combination of initial event frequency with probability factors (such as probability of ignition and probability of wind direction), the following tree dimension leaks have been selected:

- 10 mm;
- 50 mm;
- 150 mm.

Following table shows rupture frequencies (data derived from [Ref.1]) related to equipment typologies and pipes (data derived from [Ref.2]).

Data deriving from literature [Ref.1] have been modified (one order of magnitude reduction) in order to include the effectiveness of preventing measures applied to OP LOOP Project plant configuration.

Accident type of source	Circuit piping size (")	Leak dimension (mm)	Frequency level (event/year)
R-4201 Circuit	12	10	$5.4 \cdot 10^{-4}$
		50	$5.9 \cdot 10^{-5}$
		150	$1.5 \cdot 10^{-5}$
R-4206 Circuit	8	10	$5.4 \cdot 10^{-4}$
		50	$4.3 \cdot 10^{-5}$
		150	$1.2 \cdot 10^{-5}$
K-4202 Circuit	6	10	$5.0 \cdot 10^{-4}$
		50	$1.4 \cdot 10^{-4}$
		150	$1.9 \cdot 10^{-5}$
K-4201 Circuit	10	10	$7.2 \cdot 10^{-4}$
		50	$1.5 \cdot 10^{-4}$
		150	$2.9 \cdot 10^{-5}$
P-4201 Circuit	8	10	$3.8 \cdot 10^{-3}$
		50	$3.6 \cdot 10^{-4}$
		150	$9.9 \cdot 10^{-5}$
P-4206 Circuit (related to Vacuum Dryer System)	2	10	$3.7 \cdot 10^{-3}$
		50	$3.1 \cdot 10^{-4}$
		150	⁽¹⁾
P-4205 Circuit (related to Vacuum Dryer System)	12	10	$3.7 \cdot 10^{-3}$
		50	$3.5 \cdot 10^{-4}$
		150	$1.2 \cdot 10^{-4}$

⁽¹⁾ not applicable taking into consideration the circuit piping size



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4.2. Domino effect

The domino effect indicates that some hazardous scenario could cause another hazardous scenario nearby, which then could cause another hazardous scenario, and so on in linear sequence, by analogy to a falling row of dominoes.

Tree different kind of domino effect can be selected:

- Domino effect in the unit of interest caused by a source hazardous scenario in the Unit itself;
- Domino effect in the Unit of interest caused by a source hazardous scenario in neighbour Units;
- Domino effect in neighbour Unit caused by a source hazardous scenario in the Unit of interest

Being the configuration of the Refinery associated to automatic controls (DCS), only the following initial accidental scenarios are considered in the domino effect analysis: jet fire, pool fire, VCE.

The BLEVE scenario is a typical effect domino scenario deriving from the exposure of a pressurized vessel containing liquid to a thermal radiation associated to jet fire or pool fire.

To evaluate the possibility of BLEVE scenario for equipment containing significant quantity of hazardous pressurized liquid the maximum temperature of the liquid (when the vessel is exposed to fire) shall be compared to the substance critical temperature; when it exceeds 85% of the critical temperature the BLEVE risk exists.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

5. CONSEQUENCE ASSESSMENT

Consequences of potential release of hazardous material handled in Phase A of the OP LOOP Raffineria di Roma Project have been assessed for all release scenarios selected in previous paragraph.

According to the Event Tree Analysis the frequencies of occurrence of each release possible scenario obtained by PHAST's simulations have been calculated utilizing tow kind of event tree:

- a) Event tree for liquid gas oil at temperature lower than flash point temperature:
- b) Event tree for vapour or liquid flammable mixture at $T > T_{flash}$ flash point: in this case the following probability factors have been used:

According to TOTAL document "Guide Méthodologique d'Analyse des Risques " HSE-SRD-004 the following probability factors have been adopted:

- Event tree (a): 0.08 probability of ignition
- Event tree (b): 0.05 probability of early ignition
0.1 probability of late ignition

In addition for the event tree (b) and in case of late ignition when there is sufficient flammable mass to develop VCE the following distribution factors have been adopted for VCE and flash fire:

- VCE: 0.4
- Flash fire: 0.6

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

The results of the Event Tree Analysis are shown in the following table:

	Leak dimension (mm)	Scenarios	Frequency of occurrence (occ/year)
R-4201 Circuit	10	Jet fire	2.70E-04
		Flash fire + Jet fire	2.70E-05
		Safe dispersion	2.40E-04
	50	Jet fire	2.90E-05
		Flash fire + Jet fire	2.90E-06
		Safe dispersion	2.60E-05
150	Jet fire	7.50E-06	
	Flash fire + Jet fire	7.50E-07	
	Safe dispersion	6.70E-06	
R-4206 Circuit	10	Jet fire	2.70E-04
		Flash fire + Jet fire	2.70E-05
		Toxic dispersion	2.40E-04
	50	Jet fire	2.10E-05
		Flash fire + Jet fire	2.10E-06
		Toxic dispersion	1.90E-05
150	Jet fire	6.00E-06	
	Flash fire + Jet fire	6.00E-07	
	Toxic dispersion	5.40E-06	
P-4201 Circuit	10	Pool fire	3.00E-04
		Presence of flammable liquid	3.40E-03
	50	Pool fire	2.90E-05
		Presence of flammable liquid	3.30E-04
	150	Pool fire	7.92E-06
		Presence of flammable liquid	9.10E-05
P-4206 Circuit (Related to Vacuum Dryer system)	10	Pool fire	1.85E-03
		Flash fire + Pool fire	1.85E-04
		Presence of flammable liquid	1.70E-03
	50	Pool fire	1.55E-04
		Flash fire + Pool fire	1.55E-05
		Presence of flammable liquid	1.40E-04



OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA

P-4205 Circuit (Related to Vacuum Dryer system)	10	Pool fire	1.80E-03
		Flash fire + Pool fire	1.80E-04
		Presence of flammable liquid	1.70E-03
	50	Pool fire	1.70E-04
		Flash fire + Pool fire	1.70E-05
		Presence of flammable liquid	1.50E-04
	150	Pool fire	6.00E-05
		Flash fire + Pool fire	6.00E-06
		Presence of flammable liquid	5.40E-05
K-4201 Circuit	10	Jet fire	3.60E-04
		Flash fire + Jet fire	3.60E-05
		Dispersion	3.20E-04
	50	Jet fire	7.50E-05
		Flash fire + Jet fire	7.50E-06
		Safe dispersion	6.70E-05
	150	Jet fire	1.40E-05
		Flash fire + Jet fire	1.40E-06
		Safe dispersion	1.30E-05
K-4202 Circuit	10	Jet fire	2.50E-05
		VCE	0.00E+00
		Flash fire + Jet fire	2.50E-05
		Safe dispersion	2.20E-04
	50	Jet fire	7.00E-05
		VCE	0.00E+00
		Flash fire + Jet fire	7.00E-06
		Safe dispersion	6.30E-05
	150	Jet fire	9.50E-06
VCE		3.80E-07	
Flash fire + Jet fire		5.70E-07	
		Safe dispersion	8.50E-06

According to Raffineria di Roma document "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" only scenarios with a frequency of occurrence lower than $5 \cdot 10^{-6}$ occ/year have been considered credible in this study; in the above table the scenarios having frequency of occurrence lower than $5 \cdot 10^{-6}$ occ/year are indicated in "bold".

The present document or drawing is property of TECHNIP ITALY S.p.A. and shall not, under any circumstances, be totally or partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed upon right of use.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

With respect to credible scenarios, a summary of main results is given in the following tables.

Guide to Table comprehension:

- both effect distances among those calculated for both weather cases (5D and 2F) are given;
- the results refer to ground level (the maximum effect distance in the space from ground up to 2 m height);
- for Pool Fire the maximum downwind effect distance is given from pool centre;
- for Jet Fire the maximum downwind effect distance is given from release source ;
- for Flash Fire the maximum downwind effect distance is given from release source;
- for VCE the maximum downwind effect distance is given from release point (the explosion center is located at flammable cloud centroid);
- NR: Not reached threshold limit effect.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Jet Fire

Accidental Event		Accidental Scenario									
Release from		Release dimension [mm]		Jet Fire							
				Downwind effect distances (m)							
				Fatality (Elevata Letalità)/Domino effect		Possible Fatality (Inizio Letalità)		Non Reversible Injuries (Lesioni Irreversibili)		Reversible Injuries (Lesioni Reversibili)	
		2F	5D	2F	5D	2F	5D	2F	5D		
R-4201	10	16/ 14	14/ 12	18	15	19	16	21	18		
	50	96/83	81/69	104	90	111	96	122	107		
	150	96/83	81/69	104	90	111	96	122	107		
R-4206	10	18/ 15	15/ 12	19	17	21	18	23	20		
	50	79/69	67/57	86	74	91	79	101	88		
	150	79/69	67/57	86	74	91	79	101	88		
K-4202	10	12/11	10	14	11	14	12	16	14		
	50	55/48	46/40	60	51	64	55	70	61		
	150	148/129	125/107	162	140	172	150	190	168		
K-4201	10	18/ 16	15/ 13	20	17	21	18	23	20		
	50	79/69	67/57	86	74	91	79	100	88		
	150	79/69	67/57	86	74	91	79	100	88		

The present document or drawing is property of TECHNIP ITALY S.p.A. and shall not, under any circumstances, be totally or partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed upon right of use.

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA****Flash Fire**

Accidental Event		Accidental Scenario			
		Flash Fire			
Release from	Release dimension [mm]	Downwind effect distances (m)			
		LFL		1/2 LFL	
		2F	5D	2F	5D
R-4201	10	9	7	17	13
R-4206	10	10	8	19	13
K-4202	10	8	6	15	11
	50	47	45	68	68
K-4201	10	10	8	24	18
	50	72	70	104	110
P-4205 (related to Vacuum Dryer System)	10	2	2	4	3
	50	21	15	30	24
	150	45	21	60	45
P-4206 (related to Vacuum Dryer System)	10	8	8	12	13
	50	10	8	15	14

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA****Pool Fire**

Accidental Event		Accidental Scenario							
		Pool Fire							
Release from	Release dimension [mm]	Downwind effect (m)							
		Fatality (Elevata Letalità)/ Domino Effect		Possible Fatality (Inizio Letalità)		Non Reversible Injuries (Lesioni Irreversibili)		Reversible Injuries (Lesioni Reversibili)	
		2F	5D	2F	5D	2F	5D	2F	5D
P-4101	10	14/NR	16/NR	24	27	28	30	26	27
	50	17/ NR	21/ NR	26	30	31	34	38	40
	150	18/ NR	22/ NR	26	30	31	34	38	40
P-4205 (related to Vacuum Dryer System)	10	8/NR	8/NR	10	10	11	11	14	13
	50	17/ NR	21/ NR	26	30	31	34	39	41
	150	18/ NR	22/ NR	26	30	31	34	39	41
P-4206 (related to Vacuum Dryer System)	10	16/6	19/6	26	29	30	32	31	31
	50	17/ 9	22/9	28	33	34	37	43	45



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Toxic Dispersion

Even if all streams can not be considered toxic being the concentration of H₂S always lower than 5% wt (release to Phase A of the OP LOOP Project), the scenario has been analyzed since the high pressure of circuit can result in high release rate.

When the release duration is significantly lower than the internal time related to the definition of the IDLH and LC50 (30 minutes), the IDLH and LC50 have been expressed in terms of equivalent concentration.

For the H₂S the IDLH and LC50 are the following:

- IDLH (30 min): 100 ppm
- LC50 (30 min): 600 ppm

The downwind effect distances for toxic release scenario are:

Accidental Event		Accidental Scenario			
		Toxic			
Release from	Release dimension [mm]	Downwind effect distances (m)			
		IDLH ^(*)		LC50 ^(*)	
		2F	5D	2F	5D
R-4206	10	NR	NR	NR	NR
	50	NR	NR	NR	NR
	150	69	67	NR	NR

^(*) For 50 mm and 150 mm effect distances related to IDLH and LC50 concentration are evaluated as "equivalent concentration" being the exposure time in the range of 3 minutes.

The present document or drawing is property of TECHNIP ITALY S.p.A. and shall not, under any circumstances, be totally or partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed upon right of use.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

BLEVE

The possibility of BLEVE scenario has been evaluated as shown in the following table:

Equipment	Possibility of BLEVE scenario	
	yes	no
R-4202		X
R-4206	X	
R-4207	X	



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

6. RESULTS AND CONCLUSION

The HAZAN Analysis has highlighted that the possible hazardous scenarios occurring in the OP LOOP Project are

- Jet Fire
- Flash fire
- Pool fire
- VCE
- Toxic release

According to the frequencies of occurrence of each possible scenario calculated utilizing the Event Tree Analysis and according to Raffineria di Roma document "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" [Ref.3] about the frequency of occurrence to consider a hazardous scenario credible ($5 \cdot 10^{-6}$ occ/year), VCE scenario falls within the "not credible" class of occurrence.

With respect to the effect distances related to the scenario identified as credible the following result derive:

- Areas outside Refinery fence are not affected by any scenario
- Adjacent Unit areas could be affected by hazardous scenario as shown in Appendix 1

The toxic release scenario has been analyzed since the high pressure of circuit can result in high release rate but it has to be considered that the stream containing toxic material (H₂S) in the Phase A of the OP LOOP Project presents low H₂S concentration (lower than 5% wt).

According to the results of Raffineria di Roma document "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" it can be said that no domino effect in the Unit of interest caused by a hazardous scenario developed in the neighbour Units is possible.

With reference to the domino effect in neighbour Unit caused by a hazardous scenario developed in the Unit of interest it can be said that only jet fire scenarios have the chance to affect the surrounding Units.

The neighbour Units of interest are MEROX-DEA-SRU Units, Topping Unit, Vacuum Unit, Visbreaker Unit, Amine Treating and Sulphur Recovery Unit and storage tanks n° 01, 55, 56.

It has to be considered that the duration of the major initiating events related to the said jet fire scenario affecting the surrounding Units is short in case of prompt isolation of the section (3 min) thus the domino effect has no chance to occur.

With reference to domino effect in the unit of interest caused by a hazardous scenario developed in the Unit itself the possibility of BLEVE scenario has been analyzed.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

The results of this analysis show that BLEVE scenario is possible following prolonged fire exposure for the equipment R-4206 and R-4207 for which a cooling system by deluge is recommended. The same kind of fire protection system has been suggested to be adopted even for the equipment R-4202 taking into account its location. Using of this kind of fire protection system BLEVE scenario becomes not credible.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

**ANNEX 1
HAZARDOUS SCENARIO EFFECT DISTANCES**



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

OP LOOP Project areas leading to risk of release giving pool fire, jet fire, flash fire and toxic release scenario are represented in the following pages as have below described:

- Picture 1: areas related to risk of release giving pool fire
- Picture 2: areas related to risk of release giving jet fire
- Picture 3: areas related to risk of release giving flash fire
- Picture 4: areas related to risk of release giving toxic release



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

In the following pictures the hazardous effect distances are represented with respect to each hazardous circuit identified in the HAZAN Analysis.

Notes

1. Hazardous scenario effect distances are represented with respect to the threshold limit shown on paragraph 3.4
2. The greater effect distances between 5D and 2F class wind has been represented
3. Only effect distances greater than 40 m have been represented
4. The effect distances are in many cases related to wind direction; the pictures represent the envelopment of the hazardous areas associated to all wind direction



Technip

Project N°	Unit	Document Code	Serial N°	Rev.	Page
2263	000	ML 201		B	37/73

RAFFINERIA DI ROMA **TECHNIP ITALY S.p.A.**

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

**ANNEX 2
ITALIAN TRANSLATION**

The present document or drawing is property of TECHNIP ITALY S.p.A. and shall not, under any circumstances, be totally or partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed upon right of use.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

INDICE

PREFAZIONE

1. ACRONIMI 3

2. REFERENCIES 3

3. METODOLOGIA 3

3.1. Metodologia 3

 3.1.1. Identificazione del possibile evento iniziatore 3

 3.1.2. Valutazione delle frequenze attese per l'evento iniziale 3

 3.1.3. Valutazione delle frequenze di danno attese per lo scenario finale 3

 3.1.4. Modelli di rischio e valutazione delle conseguenze 3

3.2. Tools 3

3.3. Dati metereologici 3

3.4. Ipotesi generali 3

4. ANALISI DEI RISCHI 3

4.1. Rilasci pericolosi nell'area di processo 3

 4.1.1. Analisi HAZOP 3

 4.1.2. Analisi storica 3

 4.1.3. Analisi degli eventi di rilascio casuali 3

 4.1.4. Rilasci pericolosi selezionati 3

4.2. Effetto domino 3

5. Analisi delle conseguenze 3

6. RISULTATI E CONCLUSIONI 3

Annex 1: Distanze di danno relative agli scenari pericolosi



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

PREFAZIONE

Lo scopo di questo studio è quello di identificare gli scenari pericolosi, le più gravose conseguenze e relative distanze di danno associate alle apparecchiature relative al progetto OP LOOP della Raffineria di Roma e valutare i possibili effetti domino nei riguardi delle unità limitrofe attraverso i seguenti steps:

- *Identificazione del possibile evento iniziatore*
- *Valutazione delle frequenze di accadimento dell'evento e dei relativi scenari incidentali associati*
- *Modellazione e valutazione delle conseguenze Identificazione di misure per la riduzione del rischio (se necessarie)*



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

1. ACRONIMI

DNV	Det Norske Veritas
LFL	Lower Flammable Limit – Concentrazione minima di infiammabile in una miscela contenente aria tale da dare proprietà infiammabili alla nube.
HAZAN	Hazard Analysis
UFL	Upper Flammable Limit – Concentrazione massima di infiammabile in una miscela contenente aria tale da dare proprietà infiammabili alla nube.
VCE	Vapour Cloud Explosion
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion.

2. REFERENCES

- [Rer.1] E&P Forum Report - Hydrocarbon Leak and Ignition Data Base
- [Ref.2] Project documentation:
- PFD 2263-142-PFD-00-10-xx Rev.B
 - H&M Balance 2263-142-CN-0001-01 Rev.B
 - P&ID 2263-00-PID-00-21-xx Rev.C
 - Plot Plan 2263-142-DW-00-51-xx Rev.C
- [Ref.3] Documento della Raffineria di Roma “Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti”



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

3. METODOLOGIA

Come approccio generale, un'analisi HAZAN considera le frequenze di accadimento dei rilasci di materiale pericoloso, la grandezza degli effetti associati agli scenari generati da ogni rilascio e la loro probabilità di evolvere in scenari pericolosi.

Gli scenari pericolosi possono essere classificati come segue:

- q Nube tossica – un materiale tossico rilasciato nell'atmosfera può generare una nube tossica che si disperde nell'atmosfera stessa. Gli effetti sulle persone dipendono dalla concentrazione di tossico presente nella nube e dal tempo di esposizione
- q Pool Fire – a un liquido infiammabile/combustibile rilasciato in atmosfera può generare una pozza; I vapori infiammabili che si originano dalla pozza possono infiammarsi e originare un pool fire. Gli effetti sull'uomo dipendono dall'intensità della radiazione termica
- q Jet Fire – un gas infiammabile rilasciato in atmosfera ad alta velocità può incendiarsi all'origine del getto generando un jet fire. Gli effetti sull'uomo dipendono dall'intensità della radiazione termica
- q Flash Fire – un gas infiammabile o un liquido che da flash rilasciati in atmosfera, se non incendiano immediatamente si disperdono originando una nube. L'area della nube compresa tra LFL e UFL può incendiare dando origine ad un Flash Fire. Gli effetti sull'uomo sono associate soltanto all'estensione della nube infiammabile
- q VCE – una nube infiammabile (vadi il precedente punto) può generare una Vapour Cloud Explosion, se la velocità iniziale della nube viene incrementata da moti turbolenti dovuti ad ostacoli presenti nella nube stessa. Gli effetti sulle persone sono associati al livello di sovrappressione generato dall'onda d'urto, dalla proiezione di frammenti e dal cedimento delle strutture

3.1. Metodologia

L'HAZAN Study identifica gli scenari pericolosi, le più gravose conseguenze e relative distanze di danno associate alle apparecchiature relative al progetto OP LOOP della Raffineria di Roma e valuta i possibili effetti domino nei riguardi delle unità limitrofe

L' HAZAN è stato sviluppato seguendo i successivi punti:

- Identificazione del possibile evento iniziatore
- Valutazione delle frequenze di accadimento dell'evento e dei relativi scenari incidentali associati
- Modellizzazione e valutazione delle conseguenze
- Identificazione di misure per la riduzione del rischio (se necessarie)
- Valutazione degli effetti domino



OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA

3.1.1. Identificazione del possibile evento iniziatore

Per sviluppare questo primo step dello studio sono state utilizzate diverse fonti per identificare quail incidenti definire pericolosi:

- ◆ Registrazione degli incidenti avvenuti in strutture simili nel mondo e nella società del cliente.
- ◆ Discussione con gli ingegneri che hanno preparato il progetto.
- ◆ Utilizo degli studi di pericolo ed operabilità sviluppati nelle prime fasi del progetto.

Gli eventi incidentali che possono generarsi nell'area di processo possono essere suddivisi in due categorie e per ogni categoria viene utilizzato un diverso metodo per la valutazione delle attese frequenze di accadimento come mostrato di seguito.

Eventi incidentali dovuti a variazioni incontrollate dei parametric di processo

Questi eventi incidentali (chiamati "Top Events") sono dovuti all'accadimento simultaneo di eventi primary (i.e. guasti nei sistemi di controllo caratterizzati da una frequenza di guasto attesa) e assenza o inadeguatezza dei sistemi di protezione (caratterizzati da una probabilità di guasto in caso di intervento).

Il legame logico tra evento iniziale e Top Event è rappresentato attraverso l'albero dei guasti (Fault Tree -F.T.-). Attraverso l'analisi quantitativa del F.T. è possibile determinare le attese frequenze di accadimento dei Top Events.

Eventi incidentali dovuti a rotture casuali degli elementi dell'impianto

Un impianto può essere soggetto ad eventi incidentali per perdita di contenimento di diversa entità di non chiara origine (rottura casuale per difetti dei materiali, errori di progettazione, corrosione, problemi di manutenzione...)

Queste rotture sono dovute a problemi non direttamente relazionati con deviazioni di processo. Per questi tipi di eventi incidentali c'è una relazione diretta tra la rottura ed il rilascio delle sostanze pericolose.

Comunemente questi casi vengono considerati assumendo che la perdita dalle apparecchiature (recipienti, tubazioni, pompe, compressori, valvole, ecc...) avvenga nelle sezioni più pericolose dell'impianto, identificate in base al fluido di processo alle condizioni operative e alle quantità movimentate.

D'altro canto, si sta sviluppando uno studio di identificazione dei rischi nel quale vengano esaminate le informazioni di progetto sulle aree critiche per gli effetti di varie deviazioni o situazioni incidentali al fine di identificare possibili incidenti non coperti dai sistemi di protezione presenti. Nel caso in cui non si abbiano informazioni sufficientemente dettagliate per fare questo verranno fatte delle opportune assunzioni.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Sono stati sviluppati gli alberi dei guasti per gli incidenti di interesse nel caso in cui questi non fossero relativi a rilasci/rotture semplici per le quali sono stati utilizzati dati statistici.

L'analisi attraverso l'albero dei guasti è una metodologia utilizzata nella valutazione delle frequenze di accadimento del pericolo finale sulla base dei guasti nei sistemi di ingegneria o durante le loro operazioni. Questa analisi fornisce una rappresentazione grafica delle relazioni esistenti tra certi specifici eventi base e quelli che da essi possono generarsi.

Con questa metodologia può essere esaminata sistematicamente l'influenza dei fattori relativi all'ambiente, le persone e i materiali. Questa metodologia è utilizzata anche per lo studio delle combinazioni dei guasti che non potrebbero essere viste in altro modo

3.1.2. Valutazione delle frequenze attese per l'evento iniziale

I dati relative alle frequenze attese di guasto sono stati estratti da dati di letteratura, informazioni fornite dal cliente e stime basate su raccolte di dati industriali relative ad altri studi di rischio.

Dove necessario, le informazioni del data base vengono integrate con l'esperienza dei team di studio per eliminare dati non applicabili o modificarne altri. Tipicamente viene data attenzione ai range di dati, con particolare riferimento ai livelli di confidenza delle informazioni.

Dove i dati non siano applicabili, viene fatto uno studio da ingegneri esperti per modificare i dati di riferimento rendendoli adatti alle particolari condizioni operative in esame. Tipicamente i dati ottenuti società industriali vengono studiati e compensati in considerazione delle differenze ambientali ed operative.

3.1.3. Valutazione delle frequenze di danno attese per lo scenario finale

La frequenza di accadimento dello scenario finale viene stimata utilizzando la tecnica dell'albero degli eventi e basandosi sulla frequenza dell'evento iniziale stimata. Vengono considerati credibili solo scenari con frequenza di accadimento maggiore di $5 \cdot 10^{-6}$ eventi/anno (in accordo con [Ref.3]).

Per ogni evento pericoloso (sia Top Event che rotture casuali) si identificheranno gli scenari generati e si valuteranno le relative frequenze di accadimento utilizzando l'Event Tree Analysis (E.T.A.)

Un E.T. mostra i possibili esiti di un incidente che si può sviluppare da un evento iniziale.

Ogni braccio dell'albero rappresenta una separate sequenza incidentale, cioè un set definito di relazioni funzionali tra l'evento iniziale e gli eventi seguenti.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

3.1.4. Modelli di rischio e valutazione delle conseguenze

Considerando i principali obiettivi dello studio, viene richiesta una dettagliata valutazione del rischio per modellizzare e quantificare il livello di rischio tipicamente associati con rilasci di materiali tossici o infiammabili come

- ◆ Jet Fire,
- ◆ Vapour Cloud Explosion,
- ◆ Flash Fire,
- ◆ Pool Fire,
- ◆ Fireball,
- ◆ Rilascio tossico.

Gli scenari incidentali sono gli scenari “finali” verso i quali l’evento incidentale potrebbe evolvere, secondo le caratteristiche del top event stesso (tipo di rilascio, sostanza trattata,...) e di alcuni parametri esterni (fonte di innesco, sistemi di rilevamento gas e fuoco, sistemi di isolamento, antincendio, condizioni meteorologiche, ecc.....)

3.2. Tools

Le frequenze incidentali relative a rotture casuali sono state estratte dai dati presenti nell’E&P Forum Report - Hydrocarbon Leak and Ignition Data Base [Ref.1], nel quale sono riportate le frequenze delle rotture in relazione alla tipologia di apparecchiatura.

Al fine di valutare la frequenza di rilascio della linea, sono state fatte alcune ipotesi (lunghezza della linea, numero di valvole, flange, small bore fitting) sulla base dei dati di progetto disponibili.

Le conseguenze dei rilasci sono state valutate utilizzando DNV Software – PHAST Professional 6.5.1.

3.3. Dati meteorologici

Sono stati adottati i seguenti dati meteorologici:

Velocità del vento (m/s)/classe di stabilità	5/D and 2/F
Temperatura ambiente	20°C
Umidità	70%

Con riferimento al Decreto Ministero dell’Ambiente n°188 20/10/98 “Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relative ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici” sono state adottate le classi di stabilità del vento 2F and 5D (la classe di stabilità 5D è in accordo con le caratteristiche del sito come riportato nel



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

documento della Raffineria di Roma "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" [Ref.3]).



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

3.4. Ipotesi generali

Nel presente studio sono state fatte le seguenti ipotesi generali.

Durata del rilascio: l'intervento di misure preventive/protettive (e.g. rilevatori di gas tossico/infiammabile, valvole di blocco, sistemi di emergency shut down) mostrati sui P&IDs e sul Plot Plan [Ref.2], è stato preso in considerazione per assegnare la durata dei rilasci:

- E' stato adottato un tempo di isolamento di 3 min se presenti sistemi di isolamento azionabili a distanza;
- E' stato adottato un tempo di isolamento di 15 min negli altri casi considerando l'hold up disponibile e la possibilità di svuotamento dei vessel e delle linee.

Esplosione: l'esplosione è stata considerata come evento possibile solo nel caso di quantità di massa infiammabile nella nube maggiore di:

- § 500 kg per Idrocarburi (Naphtha, gas oil, LPG, ...),
- § 200 kg per Idrogeno (o miscele ad alta concentrazione di Idrogeno).

Miscele tossiche gassose: sono state considerate come tossiche miscele contenenti più del 5%wt di materiale tossico.

Vento: per lo studio delle conseguenze, Le dispersioni sono state calcolate monitorando la concentrazione della nube tossica/infiammabile sotto vento, con riferimento alla direzione prevalente del vento stesso.

Composizione dei materiali pericolosi: per lo studio delle conseguenze I materiali pericolosi sono stati simulate utilizzando una "composizione semplificata" avendo l'obiettivo di fornire il risultato conservativamente più appropriato in relazione agli scenari di rischio individuati per la "composizione reale".

Valori di soglia utilizzati per la valutazione delle conseguenze

Per i rilasci di infiammabili gli effetti dipendono da:

- Il livello di radiazione in caso di radiazione termica stazionaria (radiazioni da pool fire e jet fire),
- L'estensione della nube di infiammabile nel caso di flash fire,
- La radiazione termica totale in caso di radiazione termica non stazionaria (fireball , BLEVE),
- La sovrappressione in caso di esplosione (VCE).



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Le distanze di danno sono state calcolate in riferimento ai seguenti valori di soglia in accordo al Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n° 151 09/05/2001 "Requisiti minimi di sicurezza in material di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

Scenario	Elevata letalità/ Effetto domino*	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
Pool fire	12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Jet fire	12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Flash Fire	LFL	½ LFL	-	-
BLEVE/ Fireball	Raggio Fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²
VCE	0.3 bar	0.14 bar	0.07 bar	0.03 bar
Rilascio tossico	LC50 (30 min)	-	IDLH (30 min)	-

*per le apparecchiature metalliche il valore di soglia per l'effetto domino è stato preso pari a 37,5 kW/m² in accordo a quanto scritto nel documento della Raffineria di Roma "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" [Ref.3].



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4. ANALISI DEI RISCHI

Le tipologie di materiali movimentati nel progetto OP LOOP della Raffineria di Roma sono:

Pericolosi

- Miscela di vapori contenenti materiali tossici (soltanto l'H₂S e presente come materiale tossico);
- Miscela liquida contenente materiali tossici (soltanto l'H₂S e presente come materiale tossico);
- Miscela liquida di materiali infiammabili/combustibili (contenenti elevate concentrazioni di materiali infiammabili/combustibili);
- Miscela gassosa di materiali infiammabili/combustibili (contenenti elevate concentrazioni di materiali infiammabili/combustibili).

Non pericolosi

- Miscela liquida composta da materiali non infiammabili/combustibili
- Miscela gassosa composta da materiali non infiammabili/combustibili

La soluzione di ammina ricca può essere considerata come una miscela liquida contenente tossico (H₂S) ma in questo caso non è considerata come pericolosa in quanto un rilascio a P atmosferica produrrebbe una percentuale di fase vapore molto bassa (0.02%wt vapore, 99.8%wt liquido) ed in più la percentuale di H₂S contenuta nella fase vapore è anch'essa molto bassa (4%wt minore del 5%wt).

4.1. Rilasci pericolosi nell'area di processo**4.1.1. Analisi HAZOP**

In accordo con i risultati dello studio HAZOP i seguenti eventi non sono stati considerati come credibili:

- Rottura catastrofica dell'apparecchiatura a causa del superamento delle massime condizioni limite accettabili
 - Alta temperatura: elementi possibilmente soggetti a questa condizione sono reattore, scambiatori di calore, heater e pipeline associate anche se la progettazione dell'apparecchiatura, del circuito a monte e della posizione di allarmi e trip rendono trascurabile il rischio associato
 - Alta pressione: tutte le apparecchiature e le linee che operano sotto pressione; i criteri per la progettazione delle apparecchiature sono relativi alle peggiori condizioni o per prevedere dispositivi di protezione dalla sovrappressione adeguati insieme con allarmi
- Condizioni di alta temperatura e alta pressione: il circuito di reazione a monte dell'HP Cold Separator contiene elevate concentrazioni di materiale infiammabile/combustibile, considerando il rischio associato all'esposizione al fuoco trascurabile è previsto un sistema di depressurizzazione
- Sviluppo di reazioni incontrollate (runaway): la cinetica di reazione ed la progettazione del circuito rendono improbabile questo tipo di rischio



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

- Rilascio da PSV: tutte le PSV nelle zone a rischio sono connesse ad un sistema di torcia quindi non ci sono conseguenze associate ad un rilascio da PSV



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4.1.2. Analisi storica

Lo scenario più rappresentativo evidenziato attraverso l'analisi storica è un rilascio associato ad una perdita dal compressore volumetrico dell'esistente unità di desolforazione.

4.1.3. Analisi degli eventi di rilascio casuali

Per le principali apparecchiature le tipiche condizioni di rilascio sono state selezionate in base a:

- Fattori probabilistici (frequenza di rilascio);
- Condizioni operative (temperatura e pressione).

Eventi di rilascio casuali sono caratterizzati come segue:

- Dimensione del rilascio e livello di frequenza;
- Condizioni operative;
- Materiali;
- Durata del rilascio.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4.1.4. Rilasci pericolosi selezionati

Basandosi sull'analisi HAZOP, analisi storica, e analisi degli eventi di rilascio casuali, sono stati selezionati i circuiti più pericolosi per il progetto OP LOOP Fase A e per ognuno di essi è stata scelta la condizione peggiore in termini di condizioni operative. Sono potenzialmente selezionabili altri circuiti pericolosi ed eventi di rilascio con simili (uguali o minori) frequenze di accadimento e simili (uguali o minori) distanze di danno.

Rilascio dal Circuito R-4201

Principali apparecchiature pericolose:

- Feed Heater H-4201
- Reactor R-4201
- Heat exchangers S-4201 S-4202

Tipo di circuito:

- Piping 30m
- Flange 11
- Vessel 4
- Conessioni di piccolo diametro 10

Punto di rilascio: Heat exchanger S-4202

Fluido rilasciato: GasOil vaporizzato dal R-4201

- Caratteristiche di pericolosità: infiammabile
- Composizione semplificata (%wt): 55% metano, 23% etano, 6% propano, 3% butano, 3% pentano, 10% idrogeno

T: 300 °C

P: 82.35 bar

Fase del rilascio: V

Possibili scenari incidentali: flash fire; jet fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Rilascio dal Circuito R-4206

Principali apparecchiature pericolose:

- Condenser S-4204 S-4205
- High Pressure Cold Separator R-4206
- High Pressure Amine Absorber ko drum R-4208

Tipo di circuito:

- Piping 20m;
- Flange 7;
- Valve 1;
- Vessels 4;
- Conessioni di piccolo diametro 10;

Punto di rilascio: Amine absorber ko drum

Fluido rilasciato: GasOil vaporizzato da R-4206

- Caratteristiche di pericolosità: infiammabile, tossico ⁽¹⁾
- Composizione semplificata (%wt): 60% metano, 22% etano, 5% propano, 2% butano, 3% acido solfidrico, 8% idrogeno

T: 40°C

P: 70 bar

Fase del rilascio: V

Possibile scenario incidentale: flash fire; jet fire; rilascio tossico

- (2) La corrente può non essere considerate tossica in quanto la concentrazione dell'H₂S contenuto è minore del 5%wt (relative alla fase A del progetto OP LOOP). Nonostante ciò lo scenario è stato analizzato poichè l'alta pressione presente nel circuito può portare ad alte velocità di rilascio



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Rilascio dal Circuito K-4202

Principali apparecchiature pericolose:

- Hydrogen Make Up Compressor K-4202A/B
- Make Up Cooler S-4203
- Make Up Separator R-4211

Tipo di circuito:

- Piping 20m;
- Flange 6;
- Vessels 2;
- Compressori 1;
- Conessioni di piccolo diametro 10;

Punto di rilascio: aspirazione secondo stadio del compressore

Fluido rilasciato: idrogeno di make up al K-4202

- Caratteristiche di pericolosità: infiammabile
- Composizione semplificata (%wt): 32% metano, 28% etano, 14% propano, 12% butano, 14% idrogeno

T: 116°C

P: 37 bar

Fase del rilascio: V

Possibili scenari incidentali: flash fire; jet fire; VCE



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Rilascio dal Circuito K-4201

Principali apparecchiature pericolose:

- Recycle Compressor K-4201A/B
- Recycle Compressor ko Drum R-4209

Tipo di circuito:

- Piping 30m;
- Flange 17;
- Valvole 7;
- Vessels 1;
- Compressori 1;
- Conessioni di piccolo diametro 10;

Punto di rilascio: Aspirazione al compressore

Fluido rilasciato: Recycle gas al K-4201

- Caratteristiche di pericolosità: infiammabile
- Composizione semplificata (%wt): 58% metano, 23% etano, 4% propano, 6% butano, 9% idrogeno

T: 40°C

P: 70 bar

Fase del rilascio: V

Possibili scenari incidentali: flash fire; jet fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Rilascio dal Circuito P-4201

Principali apparecchiature pericolose:

- Feed Pumps P-4201 A/B

Tipo di circuito:

- Piping 10m;
- Flange 21;
- Valvole 9;
- Pompe 1;
- Conessioni di piccolo diametro 10;

Punto di rilascio: aspirazione pompa

Fluido rilasciato: GasOil alla P-4201

- Caratteristiche di pericolosità: infiammabile
- Composizione semplificata (%wt): 20% decano, 80% docosano

T: 43°C

P: 1 bar

Fase del rilascio: L

Possibili scenari incidentali: flash fire; pool fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Rilascio dal Circuito P-4206 (questo circuito è associate al Vacuum Dryer)

Principali apparecchiature pericolose:

- Dryer Slops Pump P-4206 A/B

Tipo di circuito:

- Piping 10m;
- Flange 17;
- Valvole 6;
- Pompe 1;
- Conessioni di piccolo diametro 10;

Punto di rilascio: aspirazione pompa

Fluido rilasciato: GasOil alla P-4206

- Caratteristiche di pericolosità: infiammabile
- Composizione semplificata (%wt): 10% pentano, 30% ottano, 70% decano

T: 40°C

P: 1.3 bar

Fase del rilascio: L

Possibili scenari incidentali: flash fire; pool fire



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Rilascio dal Circuito P-4205 (questo circuito è associate al Vacuum Dryer)

Principali apparecchiature pericolose:

- Product Oil Pump P-4205 A/B

Tipo di circuito:

- Piping 10m;
- Flange 16;
- Valvole 6;
- Pompe 1;
- Conessioni di piccolo diametro 10;

Punto di rilascio: aspirazione pompa

Fluido rilasciato: GasOil alla P-4205

- Caratteristiche di pericolosità: infiammabile
- Composizione semplificata (%wt): 40% decano, 60% docosano

T: 180°C

P: 1 bar

Fase del rilascio: L

Possibili scenari incidentali: flash fire; pool fire

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA****Selezione dei rilasci**

Sono state selezionate opportune dimensioni dei rilasci considerando le dimensioni delle linee e delle apparecchiature al fine di coprire tutti gli scenari possibili.

Secondo quanto scritto nel documento della Raffineria di Roma "Analisi delle Interferenze sul Nuovo Impianto HDS da parte degli impianti/Stoccaggi Esistenti" [Ref.3], non sono stati considerati credibili gli scenari di rischio con frequenza di accadimento inferiore a $5 \cdot 10^{-6}$ eventi/anno. In considerazione di ciò le frequenze di accadimento degli scenari sono il risultato della combinazione delle frequenze degli eventi iniziali e dei fattori di probabilità (comprendenti anche probabilità di innesco e probabilità della direzione del vento).

Sono state selezionate le seguenti tre dimensioni di rilascio:

- 10 mm;
- 50 mm;
- 150 mm.

Nella seguente tabella sono mostrate le frequenze di rottura (dati derivati da [Ref.1]) relative alle varie tipologie di apparecchiature e linee (dati derivati da [Ref.2])

I dati di letteratura [Ref.1] sono stati modificati (un ordine di grandezza in meno) per includere la presenza di misure preventive applicate al progetto OP LOOP.

Tipo di sorgente	Dimensione della linea (")	Dimensione del rilascio (mm)	Livello di frequenza (eventi/anno)
Circuito R-4201	12	10	$5.4 \cdot 10^{-4}$
		50	$5.9 \cdot 10^{-5}$
		150	$1.5 \cdot 10^{-5}$
Circuito R-4206	8	10	$5.4 \cdot 10^{-4}$
		50	$4.3 \cdot 10^{-5}$
		150	$1.2 \cdot 10^{-5}$
Circuito K-4202	6	10	$5.0 \cdot 10^{-4}$
		50	$1.4 \cdot 10^{-4}$
		150	$1.9 \cdot 10^{-5}$
Circuito K-4201	10	10	$7.2 \cdot 10^{-4}$
		50	$1.5 \cdot 10^{-4}$
		150	$2.9 \cdot 10^{-5}$
Circuito P-4201	8	10	$3.8 \cdot 10^{-3}$
		50	$3.6 \cdot 10^{-4}$
		150	$9.9 \cdot 10^{-5}$
Circuito P-4206 (relativo al Vacuum Dryer)	2	10	$3.7 \cdot 10^{-3}$
		50	$3.1 \cdot 10^{-4}$
		150	⁽¹⁾
Circuito P-4205 (relativo al Vacuum Dryer)	12	10	$3.7 \cdot 10^{-3}$
		50	$3.5 \cdot 10^{-4}$
		150	$1.2 \cdot 10^{-4}$

⁽¹⁾ non applicabile considerando le dimensioni della linea del circuito



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

4.2. Effetto domino

Con il termine Effetto Domino si indica la possibilità che alcuni scenari pericolosi possano essere a loro volta la causa di ulteriori scenari di rischio, che a conseguentemente possono generarne altri e così via in una sequenza lineare analogamente alla caduta di una linea del domino.

Si possono identificare tre differenti tipi di effetto domino::

- Effetto domino all'interno dell'Unità di interesse causato da uno scenario sviluppatosi sempre all'interno della stessa unità;
- Effetto domino all'interno dell'Unità di interesse causato da uno scenario sviluppatosi in un'unità limitrofa;
- Effetto domino su un'unità limitrofa causato da uno scenario sviluppatosi all'interni dell'unità di interesse.

Essendo la configurazione della Raffineria associata ad un sistema di controllo automatico, possono essere considerati come possibili scenari incidentali iniziali nell'analisi dell'effetto domino solo i seguenti: jet fire, pool fire, VCE.

Il BLEVE è un tipico scenario causato da effetto domino derivante dall'esposizione di un serbatoio sotto pressione contenente liquido ad una radiazione termica associata ad un jet fire o ad un pool fire.

Per valutare la possibilità di BLEVE per apparecchiature contenenti una quantità significativa di liquido pericoloso sotto pressione è stata paragonata la massima temperatura del liquido alla sua temperatura critica; c'è rischio di BLEVE se questa eccede l'85% della temperatura critica.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

5. Analisi delle conseguenze

Per la fase A del progetto OP LOOP della Raffineria di Roma sono state analizzate le conseguenze associate ad ogni scenario di rilascio selezionato nel precedente paragrafo.

Seguendo l'E.T.A. sono state calcolate le frequenze di accadimento di ogni possibile scenario di rilascio derivante dalle simulazioni ottenute utilizzando il PHAST. Sono stati utilizzati due differenti tipi di albero degli eventi:

- c) Albero degli eventi per gas oil liquido a temperature inferiore al flash point
- d) Albero degli eventi per miscele liquide o gassose a T>T flash point

Secondo il documento TOTAL "Guide Méthodologique d'Analyse des Risques " HSE-SRD-004 sono stati adottati i seguenti fattori di probabilità:

- Albero degli eventi (a): 0.08 Probabilità di innesco
- Albero degli eventi (b): 0.05 probabilità di innesco immediato
0.1 Probabilità di innesco ritardato

Inoltre per l'albero (b) degli eventi in caso di innesco ritardato, quando c'è una massa di infiammabile sufficiente per originare un VCE, sono stati adottati i seguenti fattori per il VCE ed il flash fire:

- VCE: 0.4
- Flash fire: 0.6

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

The results of the Event Tree Analysis are shown in the following table:

	Dimensione rilascio (mm)	Scenario incidentale	Frequenze di accadimento (eventi/anno)
Circuito R-4201	10	Jet fire	2.70E-04
		Flash fire + Jet fire	2.70E-05
		Dispersione non pericolosa	2.40E-04
	50	Jet fire	2.90E-05
		Flash fire + Jet fire	2.90E-06
		Dispersione non pericolosa	2.60E-05
150	Jet fire	7.50E-06	
	Flash fire + Jet fire	7.50E-07	
	Dispersione non pericolosa	6.70E-06	
Circuito R-4206	10	Jet fire	2.70E-04
		Flash fire + Jet fire	2.70E-05
		Dispersione tossica	2.40E-04
	50	Jet fire	2.10E-05
		Flash fire + Jet fire	2.10E-06
		Dispersione tossica	1.90E-05
150	Jet fire	6.00E-06	
	Flash fire + Jet fire	6.00E-07	
	Dispersione tossica	5.40E-06	
Circuito P-4201	10	Pool fire	3.00E-04
		Presenza di liquido infiammabile	3.40E-03
	50	Pool fire	2.90E-05
		Presenza di liquido infiammabile	3.30E-04
	150	Pool fire	7.92E-06
		Presenza di liquido infiammabile	9.10E-05
Circuito P-4206 (relative al Vacuum Dryer)	10	Pool fire	1.85E-03
		Flash fire + Pool fire	1.85E-04
		Presenza di liquido infiammabile	1.70E-03
	50	Pool fire	1.55E-04
		Flash fire + Pool fire	1.55E-05
		Presenza di liquido infiammabile	1.40E-04



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Circuito P-4205 (relative al Vacuum Dryer)	10	Pool fire	1.80E-03
		Flash fire + Pool fire	1.80E-04
		Presenza di liquido infiammabile	1.70E-03
	50	Pool fire	1.70E-04
		Flash fire + Pool fire	1.70E-05
		Presenza di liquido infiammabile	1.50E-04
	150	Pool fire	6.00E-05
		Flash fire + Pool fire	6.00E-06
		Presenza di liquido infiammabile	5.40E-05
Circuito K-4201	10	Jet fire	3.60E-04
		Flash fire + Jet fire	3.60E-05
		Dispersione non pericolosa	3.20E-04
	50	Jet fire	7.50E-05
		Flash fire + Jet fire	7.50E-06
		Dispersione non pericolosa	6.70E-05
	150	Jet fire	1.40E-05
		Flash fire + Jet fire	1.40E-06
		Dispersione non pericolosa	1.30E-05
Circuito K-4202	10	Jet fire	2.50E-05
		VCE	0.00E+00
		Flash fire + Jet fire	2.50E-05
		Dispersione non pericolosa	2.20E-04
	50	Jet fire	7.00E-05
		VCE	0.00E+00
		Flash fire + Jet fire	7.00E-06
		Dispersione non pericolosa	6.30E-05
	150	Jet fire	9.50E-06
VCE	3.80E-07		
Flash fire + Jet fire	5.70E-07		
Dispersione non pericolosa	8.50E-06		

In accordo con il documento della Raffineria di Roma [Ref.3] sono stati considerati credibili ai fini dell'analisi solo gli scenari con una frequenza di accadimento maggiore a $5 \cdot 10^{-6}$ eventi/anno.

Nella precedente tabella sono stati indicati in neretto gli scenari non credibili in quanto aventi una frequenza di accadimento minore di $5 \cdot 10^{-6}$ eventi/anno.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

In riferimento agli scenari considerati credibili, nelle tabelle seguenti è stato riportato un sunto dei principali risultati ottenuti.

Guida alla comprensione delle tabelle:

- Vengono date le distanze di danno associate ad entrambe le classi di stabilità del vento (5D and 2F);
- I risultati si riferiscono al livello del suolo (la massima distanza di danno è a 2m di altezza dal suolo);
- Per il Pool Fire la massima distanza di danno è data dal centro della nube;
- Per Jet Fire la massima distanza di danno è data dal punto di rilascio;
- Per Flash Fire t la massima distanza di danno è data dalla sorgente del rilascio;
- Per VCE la massima distanza di danno è data dal punto di rilascio il centro dell'esplosione è posizionato nel centroide della nube infiammabile);
- NR: Non raggiunto il valore di soglia.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Jet Fire

Evento incidentale		Scenario incidentale							
		Jet Fire							
Rilascio da	Dimensione del rilascio [mm]	Distanze di danno (m)							
		Elevata Letalità/Domino effect		Inizio Letalità		Lesioni Irreversibili		Lesioni Reversibili	
		2F	5D	2F	5D	2F	5D	2F	5D
R-4201	10	16/ 14	14/ 12	18	15	19	16	21	18
	50	96/83	81/69	104	90	111	96	122	107
	150	96/83	81/69	104	90	111	96	122	107
R-4206	10	18/ 15	15/ 12	19	17	21	18	23	20
	50	79/69	67/57	86	74	91	79	101	88
	150	79/69	67/57	86	74	91	79	101	88
K-4202	10	12/11	10	14	11	14	12	16	14
	50	55/48	46/40	60	51	64	55	70	61
	150	148/129	125/107	162	140	172	150	190	168
K-4201	10	18/ 16	15/ 13	20	17	21	18	23	20
	50	79/69	67/57	86	74	91	79	100	88
	150	79/69	67/57	86	74	91	79	100	88

The present document or drawing is property of TECHNIP ITALY S.p.A. and shall not, under any circumstances, be totally or partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed upon right of use.

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA****Flash Fire**

Evento incidentale		Scenario incidentale			
		Flash Fire			
Rilascio da	Dimensioni del rilascio [mm]	Distanze di danno (m)			
		LFL		1/2 LFL	
		2F	5D	2F	5D
R-4201	10	9	7	17	13
R-4206	10	10	8	19	13
K-4202	10	8	6	15	11
	50	47	45	68	68
K-4201	10	10	8	24	18
	50	72	70	104	110
P-4205 (relativo al Vacuum Dryer)	10	2	2	4	3
	50	21	15	30	24
	150	45	21	60	45
P-4206 (relativo al Vacuum Dryer)	10	8	8	12	13
	50	10	8	15	14

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA****Pool Fire**

Evento incidentale		Scenarioincidentale							
		Pool Fire							
Rilascio da	Dimensioni del rilascio [mm]	Distanze di danno (mm)							
		Elevata Letalità/ Domino Effect		Inizio Letalità		Lesioni Irreversibili		Lesioni Reversibili	
		2F	5D	2F	5D	2F	5D	2F	5D
P-4101	10	14/NR	16/NR	24	27	28	30	26	27
	50	17/ NR	21/ NR	26	30	31	34	38	40
	150	18/ NR	22/ NR	26	30	31	34	38	40
P-4205 (relativo al Vacuum Dryer)	10	8/NR	8/NR	10	10	11	11	14	13
	50	17/ NR	21/ NR	26	30	31	34	39	41
	150	18/ NR	22/ NR	26	30	31	34	39	41
P-4206 (relativo al Vacuum Dryer)	10	16/6	19/6	26	29	30	32	31	31
	50	17/ 9	22/9	28	33	34	37	43	45



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Dispersione tossica

Anche se tutte le correnti non possono essere considerate tossiche contenendo H₂S in concentrazione sempre inferiore al 5%wt (relativamente alla fase A del progetto OP LOOP), lo scenario di rilascio tossico è stato comunque analizzato in quanto essendo il circuito considerato ad alta pressione, si potrebbero avere elevate velocità di rilascio.

Nel caso in cui la durata del rilascio sia significativamente inferiore ai tempi di riferimento utilizzati per il calcolo di IDLH e LC50 (30 minuti), l'IDLH e LC50 sono stati espressi in termini di concentrazione equivalente.

I valori di IDLH e LC50 presi per l'H₂S sono i seguenti:

- IDLH (30 min): 100 ppm
- LC50 (30 min): 600 ppm

Per lo scenario di rilascio tossico le distanze di danno ottenute sono:

Evento incidentale		Scenario incidentale			
		Rilascio tossico			
Rilascio da	Dimensioni del rilascio [mm]	Distanze di danno (m)			
		IDLH ^(*)		LC50 ^(*)	
		2F	5D	2F	5D
R-4206	10	NR	NR	NR	NR
	50	NR	NR	NR	NR
	150	69	67	NR	NR

^(*) Per dimensioni del rilascio di 50 mm e 150 mm le distanze di danno relative a IDLH e LC50 sono state calcolate in riferimento ad una "concentrazione equivalente" essendo il tempo di esposizione dell'ordine dei 3 min.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

BLEVE

La possibilità che uno scenario di BLEVE possa avvenire è stata valutata come mostrato nella seguente tabella:

Apparecchiatura	Possibilità di scenario BLEVE	
	si	no
R-4202		X
R-4206	X	
R-4207	X	



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

6. RISULTATI E CONCLUSIONI

L'HAZAN Analisi ha evidenziato i seguenti scenari pericolosi come possibili nel Progetto OP LOOP:

- Jet Fire
- Flash fire
- Pool fire
- VCE
- Toxic release

utilizzando la E.T.A. le frequenze di accadimento sono state calcolate per ogni possibile scenario. In accordo con il documento della Raffineria di Roma [Ref.3], la frequenza di accadimento limite per considerare uno scenario credibile è pari a $5 \cdot 10^{-6}$ eventi/anno. Lo scenario VCE cade nella classe di accadimento "non credibile".

Relativamente alle distanze di danno per ogni scenario identificato come credibile si sono ottenuti i seguenti risultati:

- Le aree esterne ai confini di raffineria non sono coinvolte in nessuno scenario
- Le aree delle Unità adiacenti potrebbero essere coinvolte in alcuni scenari incidentali come mostrato nell'Annex 1

Lo scenario di rilascio tossico è stato analizzato anche se le correnti della fase A del progetto OP LOOP contengono H₂S in basse concentrazioni (minore del 5%wt) in quanto essendo il circuito interessato ad alta pressione si potrebbero avere elevate portate di rilascio.

In accordo ai risultati riportati nel documento della Raffineria di Roma [Ref.3] si può dire che l'unità di interesse non viene coinvolta da effetti domino causati da scenari aventi origine nelle Unità limitrofe.

Considerando invece il possibile effetto domino sulle Unità limitrofe generato da uno scenario pericoloso che abbia origine nell'Unità di interesse, si può dire che solo lo scenario jet fire può coinvolgere le Unità limitrofe.

In particolare le Unità limitrofe sono: l'Unità MEROX-DEA-SRU, l'Unità Topping, l'Unità Vacuum, l'Unità Visbreaker, l'Unità Trattamento Ammine e Recupero Zolfo ed i serbatoi di stoccaggio n° 01, 55, 56.

Si deve comunque tenere presente che la durata degli eventi di rilascio che possono generare gli scenari di jet fire coinvolgenti le Unità vicine, è breve essendo presenti sistemi di pronto isolamento a distanza (3min come massima durata ipotizzata) e quindi l'effetto domino non ha in tal caso la possibilità di svilupparsi.

Per quanto riguarda l'effetto domino nell'Unità di interesse causato da uno scenario sviluppatosi nell'Unità stessa, è stata evidenziata la possibilità che si origini uno scenario di BLEVE. I Risultati di questa analisi mostrano che a causa di una prolungata esposizione al fuoco, lo scenario in questione è possibile per le



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

apparecchiature R-4206 e R-4207 per le quali si raccomanda l'adozione di un sistema di raffreddamento a diluvio.

Si suggerisce l'utilizzo di un analogo sistema di raffreddamento anche per l'apparecchiatura R-4202 in considerazione della sua locazione.

L'uso di tali misure porta a considerare il rischio di BLEVE come trascurabile.



Technip

Project N°	Unit	Document Code	Serial N°	Rev.	Page
2263	000	ML 201		B	71/73

RAFFINERIA DI ROMA **TECHNIP ITALY S.p.A.**

**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

**ANNEX 1
DISTANZE DI DANNO RELATIVE AGLI SCENARI PERICOLOSI**

The present document or drawing is property of TECHNIP ITALY S.p.A. and shall not, under any circumstances, be totally or partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed upon right of use.



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Di seguito sono riportate le aree del Progetto OP LOOP nelle quali può avere origine un evento di rilascio che può dar luogo ad uno scenario pericoloso di pool fire, jet fire, flash fire e rilascio tossico ed in particolare:

- Figura 1: area relative al rischio di rilascio che può dare origine a pool fire
- Figura 2: area relative al rischio di rilascio che può dare origine a jet fire
- Figura 3: area relative al rischio di rilascio che può dare origine a flash fire
- Figura 4: area relative al rischio di rilascio che può dare origine a rilascio tossico



**OP LOOP PROJECT
RAFFINERIA DI ROMA**

Di seguito sono riportate le distanze di danno per ogni circuito pericoloso identificato nell'analisi HAZAN.

Note:

1. Sono rappresentate le distanze di danno relative ai valori di soglia riportati nel paragrafo 3.4
2. E' stata riportata la maggiore distanza di danno tra quelle relative alle due classi di stabilità atmosferica 5D e 2F
3. Sono state riportate solo le distanze di danno maggiori di 40m
4. Le distanze di danno sono in molti casi relative alla direzione del vento; di seguito sono rappresentati gli involuipi delle aree pericolose associati a tutte le direzioni del vento