

LA DEPURAZIONE DEGLI SCARICHI INDUSTRIALI

15 - 16 - 17 - 22 - 23 - 24 - 25 novembre 2022

27 CFP per gli ingegneri



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO

Domiziano Ivan Basilico



Domiziano Ivan Basilico

SEAM engineering

domiziano.basilico@seam-eng.com

Domiziano Ivan Basilico

Laurea nel 1997 al Politecnico di Milano in ingegneria per l'Ambiente e il Territorio specializzazione Ambiente. Trascorre i primi 7-8 anni presso Foster Wheeler Italia (oggi Wood) occupandosi in principio di «potenza» Inceneritori e turbogas e successivamente dei trattamenti acque nei settori:

- Petrolchimico
- Chimico
- Farmaceutico

Nel 2005 fonda SEAM engineering, società d'ingegneria che dal 2005 si occupa di tematiche ambientali, con una competenza specifica nel trattamento delle acque reflue e di rifiuti liquidi.

Da dove cominciare



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO

Due grandi categorie:

On shore



Off shore



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO

Ci concentriamo sull'on shore



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO

Caratteristiche peculiari:

- **Molteplici sorgenti di reflui**
- **Complessità di trattamento**
- **Spazi relativamente ampi (rispetto all'off shore)**



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO

Indice Argomenti

- **Reflui: origine e caratteristiche**
- **Reti fognarie**
- **Principali trattamenti acque adottati**
- **Peculiarità progettazione settore petrolchimico**
 - **Progettazione integrata (Standard Cliente/Impianto)**
 - **Standard di Progettazione (API – SNAM – ARAMCO – SHELL etc.)**
 - **Standard sicurezza (Hazid – Envid – Hazop)**



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO

Standard nel petrolchimico

Nel petrolchimico ogni compagnia ha i propri standard di progettazione e le informazioni sono rese disponibili dai processisti della produzione

A titolo indicativo alcune informazioni possono essere trovate nelle seguenti BAT

BAT con indicazione produzione

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas (del 2015)

https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/REF_BREF_2015.pdf

BAT con indicazione possibili trattamenti

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector (2016)

https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/201911/CWW_Bref_2016_published.pdf

BAT relativo alle acque di formazione

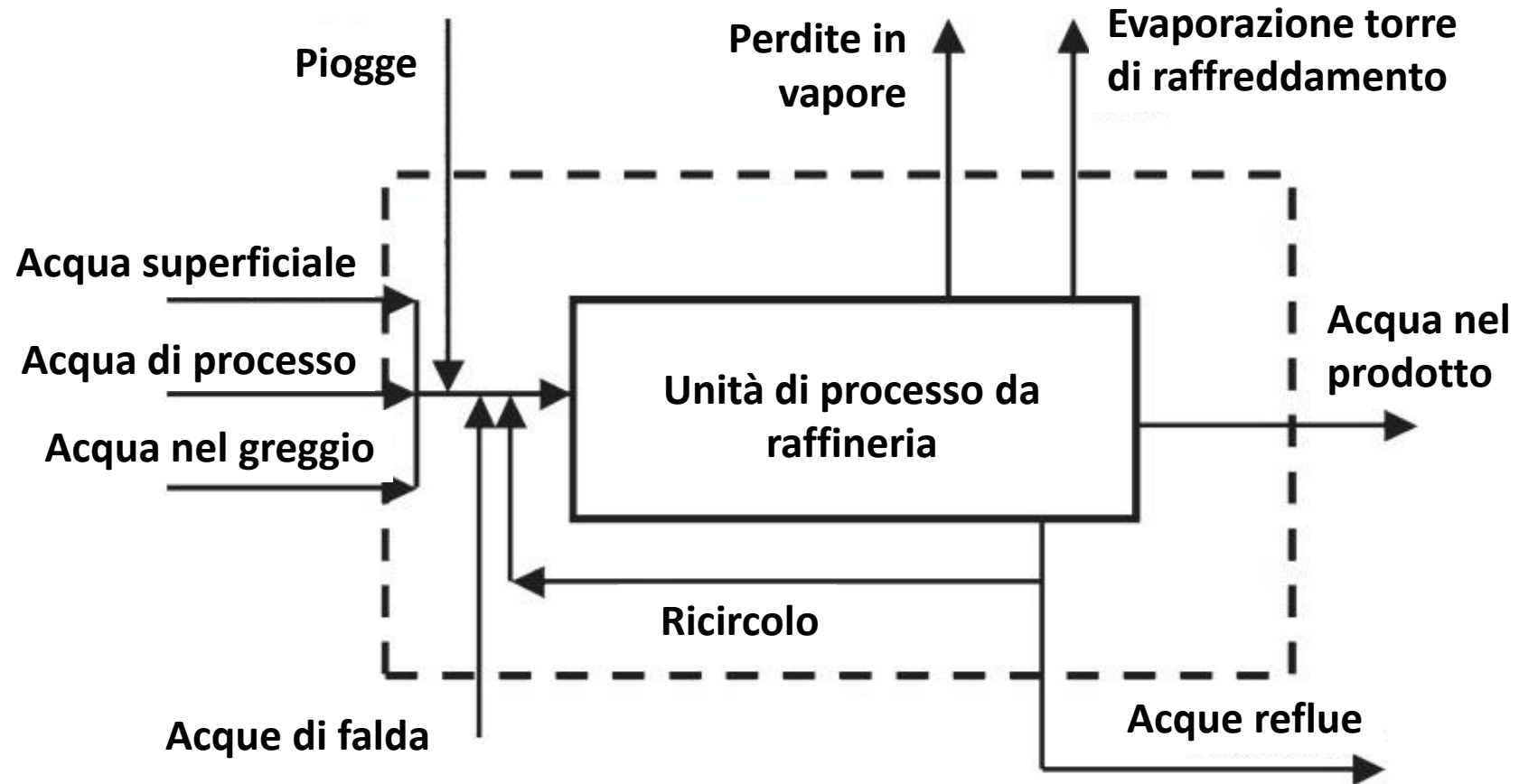
Best Available Techniques Guidance Document on upstream hydrocarbon exploration and production (2019)

https://ec.europa.eu/environment/integration/energy/pdf/hydrocarbons_guidance_doc.pdf



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Bilancio Acqua Raffineria



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Le principali sorgenti di reflui, nel campo petrolchimico sono:

- **Acqua di pioggia**
- **Acqua di falda**
- **Acqua di raffreddamento**
- **Acqua test idraulici**
- **Acqua sanitaria (spogliatoi e mensa)**
- **Acque di processo**
- **Acque di formazione**

- **Acque di zavorra (ballast water, ormai non più presenti)**



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Le principali sorgenti di reflui, nel campo petrolchimico sono:

ACQUA DI PIOGGIA

Il concetto di prima pioggia è spesso NON applicabile.

- Valutazione aree scolanti (aree impermeabili, aree semi-permeabili e permeabili);
- Analisi statistica dei dati di pioggia per determinare portata di sollevamento e volume di accumulo;
- Valutazione delle capacità di trattamento necessarie per la determinazione delle alternative impiantistiche.

ACQUA DI FALDA

Spesso nelle raffinerie sono presenti barriere idrauliche per fermare le acque di falda contaminate o potenzialmente contaminate. Queste acque sono trattate spesso in impianti dedicati: TAF (Trattamenti Acque di Falda) e se possibile riutilizzate. Possibili trattamenti: filtrazione su carboni attivi, *dual phase pump and treatment* – disoleazione – strippaggio – filtrazione, MBR etc.

ACQUA DI RAFFREDDAMENTO

In raffineria si fa spesso uso di acqua di raffreddamento con l'utilizzo delle torri evaporative. Lo spurgo (blow down) delle torri ha solitamente caratteristiche non compatibili con lo scarico diretto: presenza di disinfettanti, alghicidi, solfati etc. L'evoluzione normativa sta portando a tenere separate le acque di raffreddamento (D.lgs 152/06 art 101 comma 5). I valori limite di emissione non possono essere conseguiti mediante diluizione.



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Le principali sorgenti di reflui, nel campo petrolchimico sono:

ACQUA TEST IDRAULICI

Nelle raffinerie si effettuano periodici test idraulici per verificare la tenuta dei serbatoi:

- Acqua contaminata per il lavaggio del serbatoio → fognatura oleosa
- Acqua pulita test idraulico → accumuli acqua di pioggia

ACQUA SANITARIA

L'acqua sanitaria è raccolta in una rete dedicata ed è spesso trattata nel Trattamento acque Stabilimento (TAS). Alcuni stati nazionali/standard di compagnie non consentono di miscelare le acque sanitarie, potenzialmente contenenti patogeni, quindi si realizza un trattamento dedicato. Altre Normative nazionali/standard di compagnie lo consentono e il Trattamento si riduce ad un tritatore.

ACQUA DI PROCESSO

I parametri qualitativi delle acque da considerare rilevanti per le attività di raffineria sono principalmente: pH, solidi sospesi totali (TSS), carbonio organico totale (TOC) o COD, Azoto totale nelle sue varie forme (Azoto organico, ammoniacale, ridotto, Kjendahl, nitrito NO_2 o nitrato NO_3), fosforo totale, BOD, idrocarburi petroliferi totali, aromatici (BTEX), fenoli, PAH, metalli, e temperatura.



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

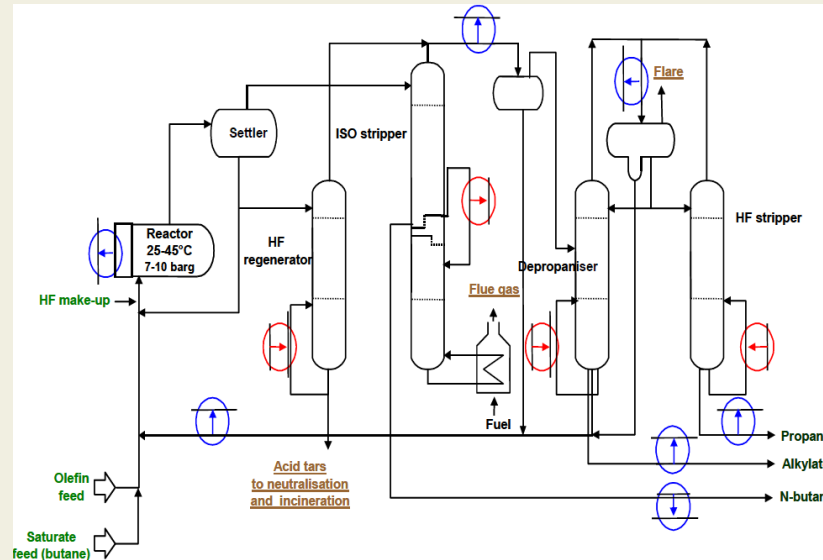
Principali processi produttivi che producono acque reflue:

- **Alchilazione**
- **Produzione di bitume**
- **Reforming catalitico**
- **Cracking catalitico**
- **Coking**
- **Desalter**
- **Etherification**
- **Hydrocracking e hydrotreatment**
- **Isomeration**
- **Polimerizzazione**
- **Unità di distillazione**



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Alchilazione



Aumenta il numero di ottani di un idrocarburo attraverso la reazione dell'isobutano con idrocarburi non saturi.



Reazioni a bassa temperatura condotte in presenza di acidi forti (acido fluoridrico, acido solforico).

Caratteristiche delle acque reflue:

pH ↓

Acidi deboli

TSS

TDS

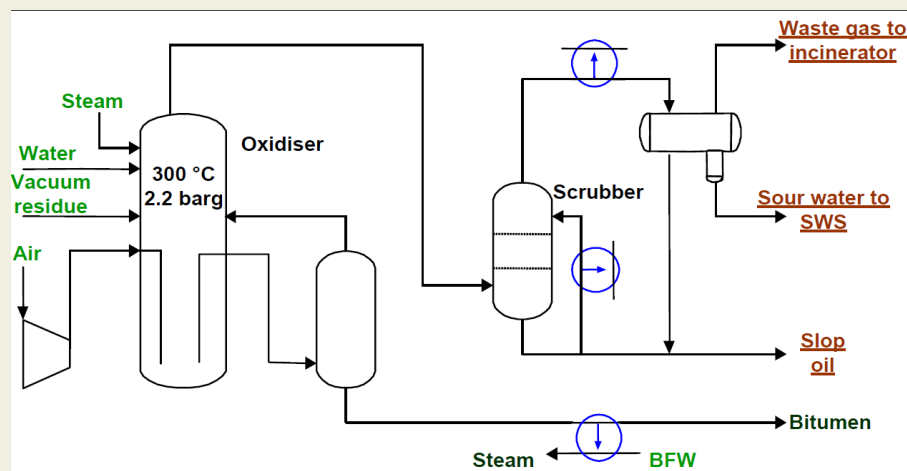
COD

H₂S



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Produzione di bitume (Bitumen Blowing Unit)

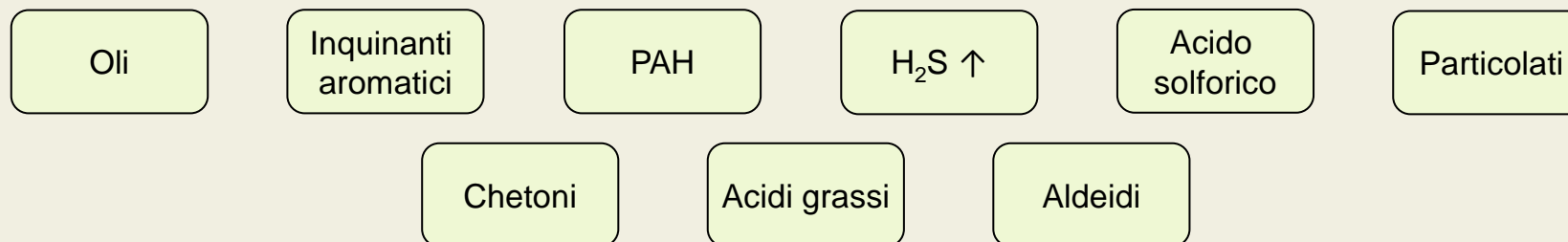


Migliora le caratteristiche del bitume prodotto nell'impianto. Viene soffiata dell'aria nel bitume caldo causando reazioni di de-idrogenizzazione e di polimerizzazione, creando un prodotto più resistente e con una più elevata viscosità.



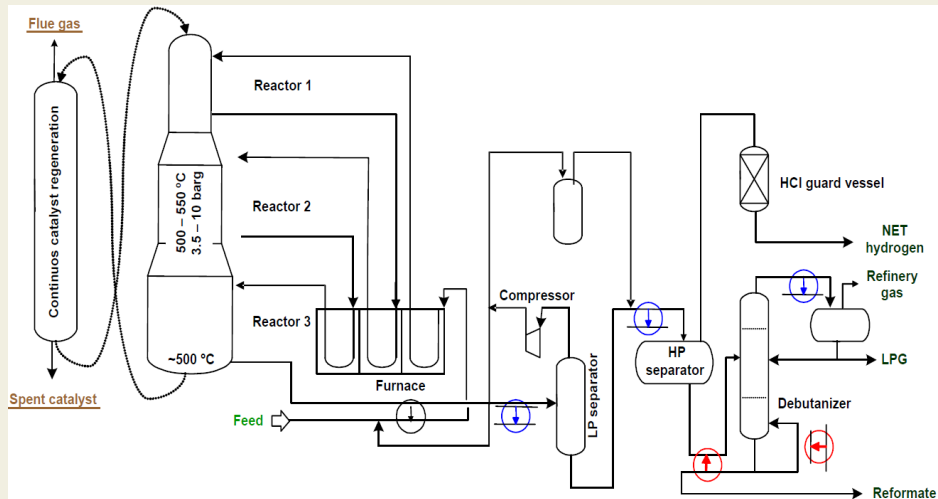
Il processo può produrre fino a 5 m³ per tonnellata di prodotto.

Caratteristiche delle acque reflue:



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Reforming Catalitico



Upgrade del numero di ottani di una miscela idrocarburica (T = 495-525 °C, P = 5-45 atm)



Hydrotreating per rimuovere S, N e contaminanti metallici. Il processo può produrre da 1 a 3 litri di acque reflue (da scrubber) per tonnellata di prodotto trattato.

Caratteristiche delle acque reflue:

Oli

TSS

COD

H₂S ↓

Cloruri ↓

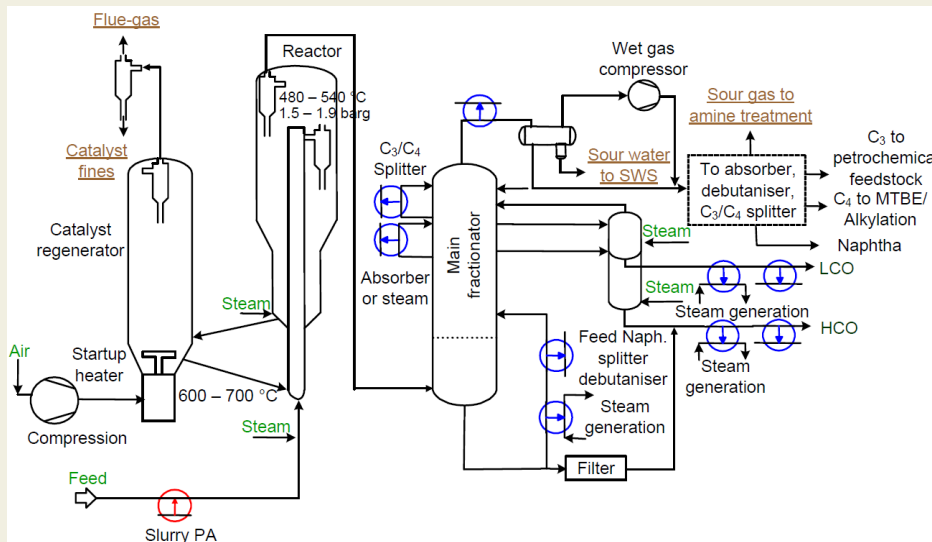
NH₃ ↓

Tioli



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Cracking Catalitico



Si ottengono idrocarburi leggeri per rottura delle molecole di idrocarburi pesanti attraverso via catalitica o termica.



Nel cracking catalitico a letto fluido (FCC) si utilizzano catalizzatori a base di zeoliti e $T = 500 - 540 \text{ } ^\circ\text{C}$. Il catalizzatore viene rigenerato attraverso l'utilizzo di vapore acqueo. Il processo produce tra i 60 e i 90 litri di acque reflue per tonnellata di prodotto.

Caratteristiche delle acque reflue:

Oli liberi
50-100 mg/L

HCN > 1

COD
500-2000 mg/L

H₂S
10-200 mg/L

TKN
15-50 mg/L

Fenoli
5-30 mg/L

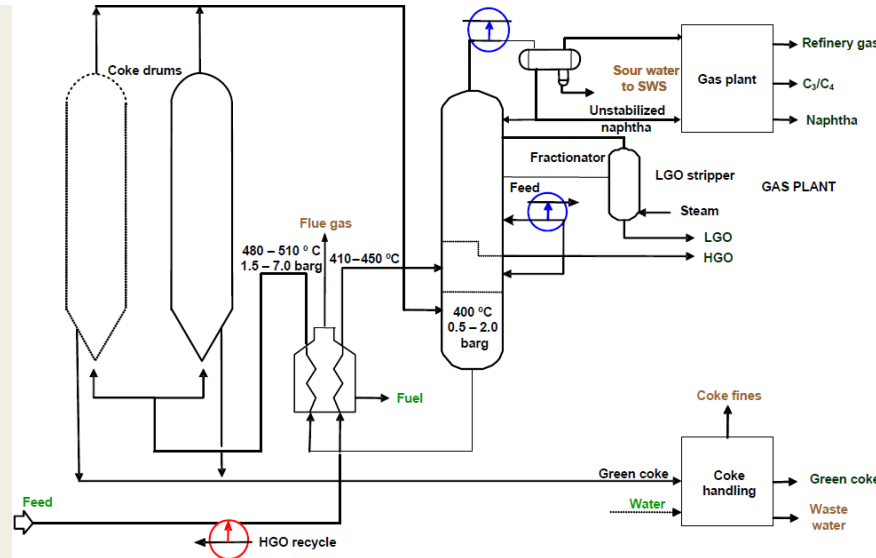
Fractionator overhead reflux drum → $Q = 20-40 \text{ m}^3/\text{h}$

Lavaggi caustici idrocarburi → $Q = 128 \text{ m}^3/\text{h}$



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Coking

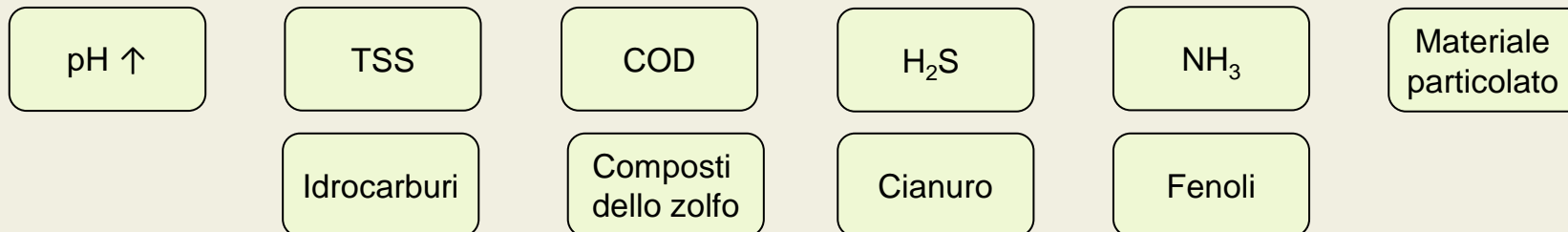


Trasforma oli residui da precedenti processi in carburanti utilizzabili. Come sottoprodotto si ha il coke: un carbone solido che, in base alla qualità, può essere utilizzato in altri settori.



Il processo produce circa 140 litri di acque reflue per tonnellata di prodotto.

Caratteristiche delle acque reflue:



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Desalter

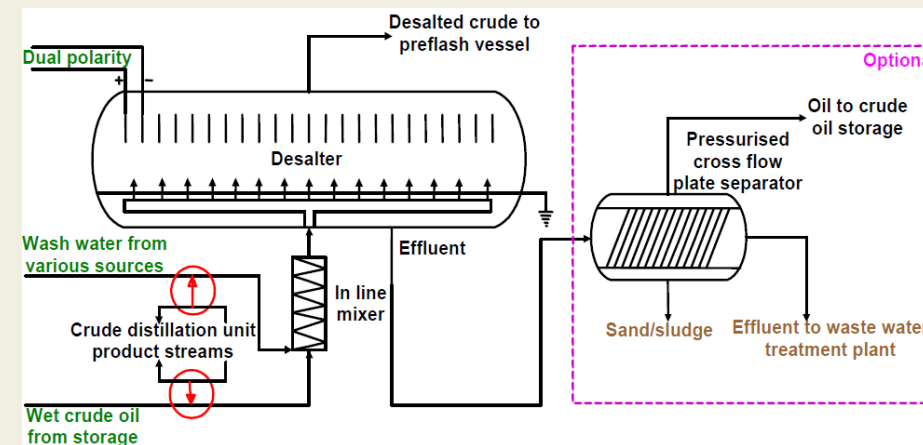
Inquinanti	Concentrazione tipica [mg/l]
Temperatura	115-150 (°C)
Solidi sospesi	50-100
Oli / emulsioni di oli	Alta
Idrocarburi disciolti	50-300
Fenoli	5-30
Benzene	30-100
BOD	Alta
COD	50-100
Ammoniaca	50-100
Altri composti azotati	10-20 [mgN/l]
Salinità (cloruri)	10'000-110'000
Solfuri (come H ₂ S)	10



Rimozione di sali e altre sostanze solubili dal petrolio greggio attraverso un lavaggio con acqua, seguito da una miscelazione e una successiva separazione della stessa.

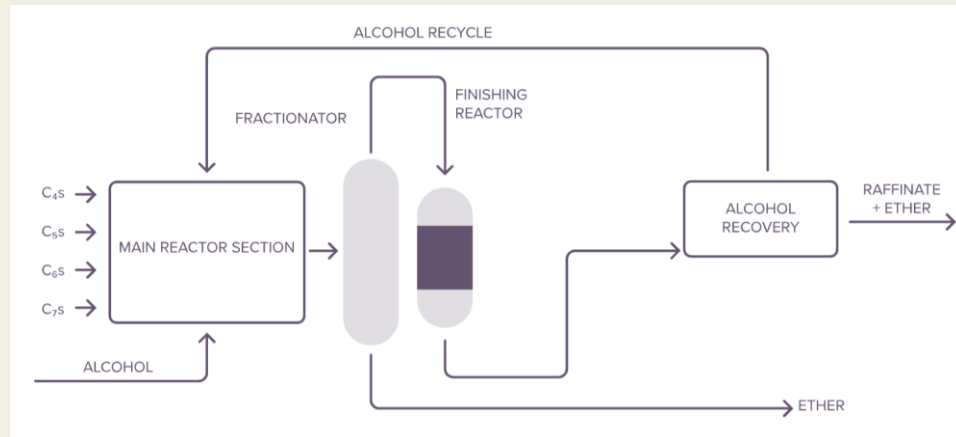


Il processo produce dai 30 ai 100 litri per tonnellata di greggio, e produce un fango/acqua oleosa ad elevato contenuto di sale ed elevata T.



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Etherification - Eterificazione



Aggiunta di composti, quali alcoli e eteri, ai carburanti per migliorarne le performance e soddisfare le richieste ambientali. In questo modo si incrementa il numero di ottani e si riduce la generazione di CO.



Potenziali perdite di idrocarburi, metanolo e eteri vengono da rilasci di acqua e metanolo. La perdita d'acqua è generata con un flusso di 1-2 m³ per tonnellata di prodotto.

Caratteristiche delle acque reflue:

50-200 mg/L
COD

5-20 mg/L
TKN

Metanoli

Eteri

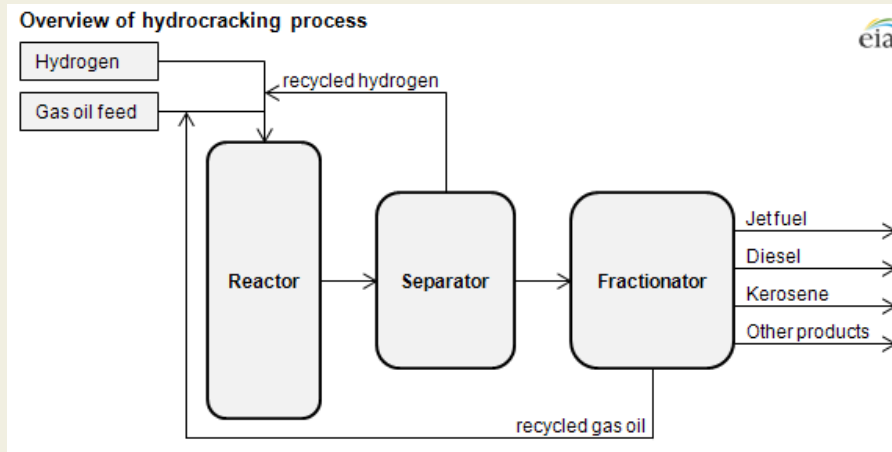
Acido formico

Acido acetico



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Hydrocracking e hydrotreatment

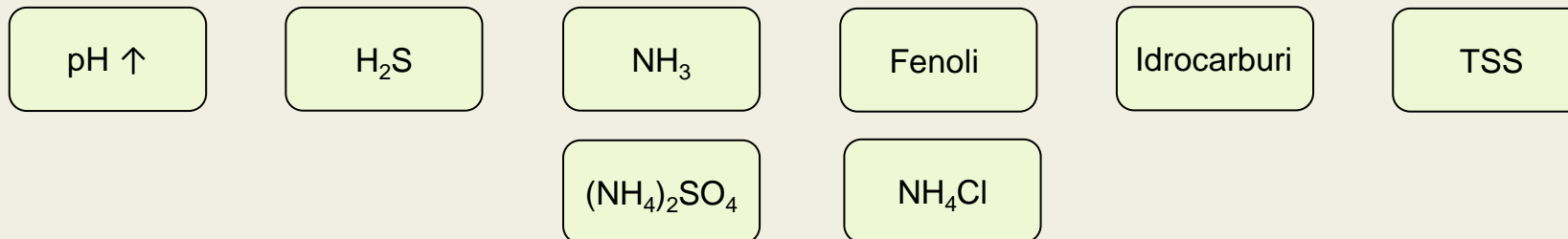


Si dà luogo a idrogenazione con conseguente consumo di idrogeno, rimuovendo impurità quali solfuri, composti azotati, ossigeno e tracce di metalli e aumentando la qualità del carburante prodotto.



Questi trattamenti generano delle portate di 30-50 litri di acqua reflua per tonnellata di prodotto.

Caratteristiche delle acque reflue:



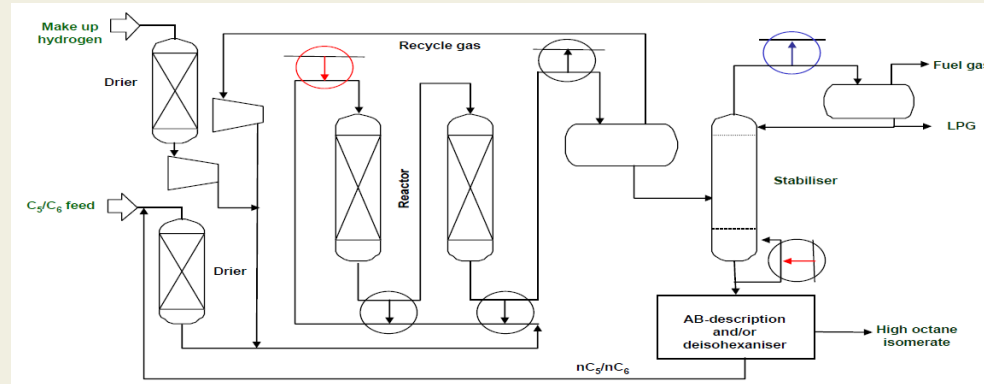
Fonte: BAT : Refining of Mineral Oil and Gas, pag 194

Immagine: <https://www.eia.gov/todayinenergy/images/2013.01.18/process.png>



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Isomerisation



Altera la disposizione delle molecole senza aggiungere o rimuovere gli atomi originali, convertendo paraffine a basso PM e in isoparaffine con un numero di ottani molto più elevato.



La portata varia ampiamente con l'umidità del prodotto.

Caratteristiche delle acque reflue:

pH ↑

Sali di cloro

Lavaggi caustici

H₂S in tracce

Idrocarburi

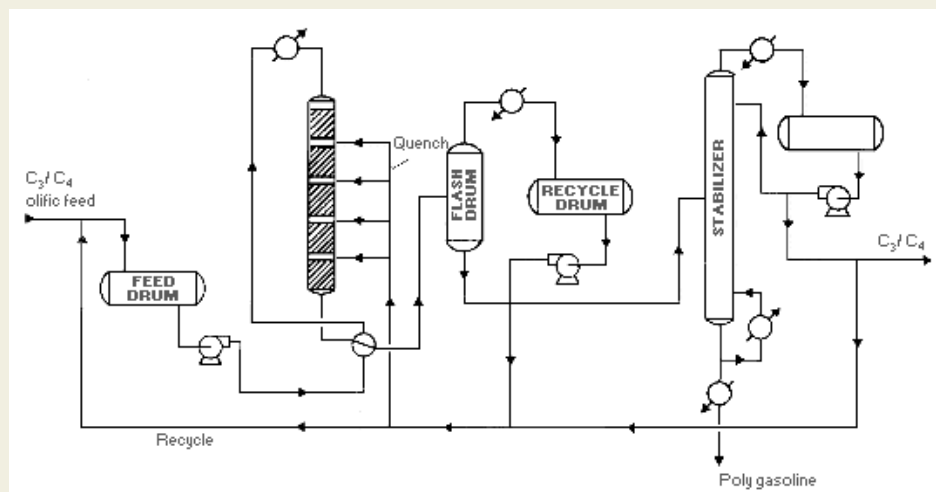
Fonte: BAT : Refining of Mineral Oil and Gas, pag 202

Immagine: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paraffintoisoparaffin.svg>



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Polimerizzazione



Converte propilene e butilene in componenti da miscelare in gasolio ad alto numero di ottani. Il processo è simile all'alcalinazione e i suoi prodotti sono spesso utilizzati come un'alternativa meno costosa.



L'acqua può contenere rilasci ricchi di H_2S dalle torri di lavaggio, dallo scarico dei condensatori, e materia particolata dalle perdite delle polveri di catalizzatore.

Caratteristiche delle acque reflue:

pH = 2-3

Ammine

TSS

H_2S

NH_3

Lavaggi caustici

Fonte: BAT : Refining of Mineral Oil and Gas, pag 163

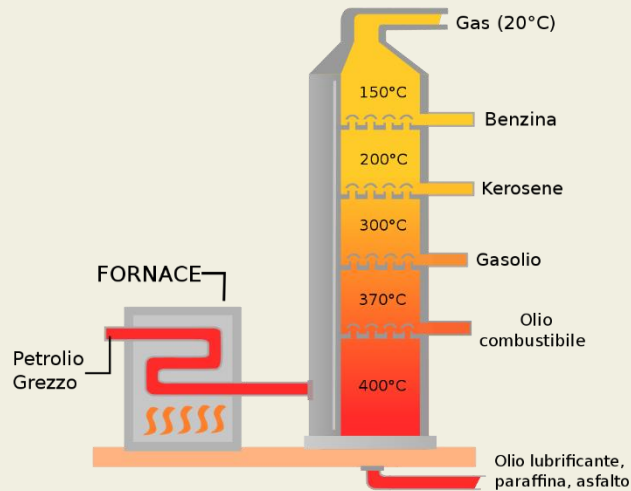
Immagine:

<http://www.setlab.com/resources/refining/polymerization/#1498503298829-9704cdcf-e64b>



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Distillazione



La distillazione a pressione atmosferica o quella sottovuoto precede il desalting del greggio, il quale viene scaldato ad alte temperature sulla base della temperatura di ebollizione di ogni componente.



Questi processi producono da 80 a 750 litri di acque reflue per tonnellata di greggio.

Caratteristiche delle acque reflue:

pH ↑

TSS

Fenoli

H₂S

NH₃

Soda caustica

Cloruri

Tioli

Fonte: BAT : Refining of Mineral Oil and Gas, pag 208

Immagine: https://it.wikipedia.org/wiki/Raffineria_di_petrolio



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

	Portata [l/t]	pH	Idrocarburi [mg/l]	COD [mg/l]	TSS [mg/l]	H ₂ S [mg/l]	NH ₃ [mg/l]	Fenoli [mg/l]	Salinità (Cl) [mg/l]	Benzene [mg/l]	Altri inquinanti
Desalter	30-100	7-10	50-300	400-1.000	50-100	10	50-100	5-30	10'000-110'000	30-100	T= 115-150 °C
Alchilazione				✓	✓	✓					Acidi deboli
Prod. Bitume	5000		✓		✓	↑					Inquinanti aromatici, PAH, acido solforico
Reforming	1-3		↑	↑	↑	↓	↓				Tioli
Cracking	60-90										
Cracking (da fract. drum)	5-9		50-100	500-2000		10-200	15-50	5-30			Fenoli, HCN
Cracking (da lavaggi caustici)	20-30										
Coking	140	↑	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Cianuro, composti dello zolfo
Etherification	1000-2000		✓	50-200			5-20				Acido formico
Hydrocracking / hydrotreatments	30-50	↑	✓	✓	✓		✓	✓			(NH ₄) ₂ SO ₄ e NH ₄ Cl
Isomerization	funzione umidità	↑	✓			↓					Sali di cloro, lavaggi caustici
Polimerizzazione		2-3			↑	↑	✓				Lavaggi caustici, ammine, tioli
Distillazione	80-750	↑	✓		✓	✓	✓	✓			Tioli, soda caustica

La portata è intesa in litri di acqua per tonnellata di prodotto alla sezione



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Raffineria – concentrazioni tipiche inquinanti

Origine	Oli	COD / BOD / TOC	TSS	H ₂ S (RSH)	NH ₃ (NH ₄)	Fenoli	CN ⁻ (CNS ⁻)
Visbreaking	XX	XX	X	XX	XX	XX	X
Cracking catalitico	XX	XX	X	XXX	XXX	XX	X
Hydrotreatment	XX	X(X)	-	XX(X)	XX(X)	-	-
Hydrocracking	XX	X	-	XXX	XXX	-	-
Oli lubrificanti	XX	XX	-	X	X	-	-
Spent caustic	XX	XXX	X	XX	-	XXX	X
Distillazione	XX	XX	XX	XX	XX	X	-
Pioggia	X	X	-	-	-	-	-
Sanitaria	-	X	XX	-	X	-	-
Ballast water	XX	XX	X	-	-	X	X

X	< 50 mg/L
XX	50 – 500 mg/L
XXX	> 500 mg/L

N.B Ammoniaca e H₂S sono ridotti a circa 20 mg/l direttamente nelle colonne di stripping (SWS e ammonia stripper) che fanno parte del processo produttivo

Fonte: BAT : Refining of Mineral Oil and Gas (166, CONCAWE 1999)



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Le acque di processo possono essere classificate come segue:

- *raw* (acque grezze) *water treatment* (pretrattamenti acque / addolcitori);
- *desalter effluent* (acqua di formazione, production water, ricca di olio, TSS e salinità elevata);
- *sour water* (acqua contenente fenoli e H_2S proveniente da vari processi, saline e non saline)
- *tank bottom draws* (drenaggi delle apparecchiature/serbatoi - acque ricche di idrocarburi, acque oleose saline e non saline)
- *spent caustic* (soda caustica esausta)

Possono esserci molte altre sorgenti (es. acque con composti specifici quali ad esempio acque mercuriose, acque con nitriti stabilizzati etc.). Queste singole sezioni necessitano di una trattazione specifica dedicata.



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: raw water treatment (pretrattamenti acque/ addolcitori)

Queste acque provengono dal trattamento delle acque grezze in ingresso e sono composte da:

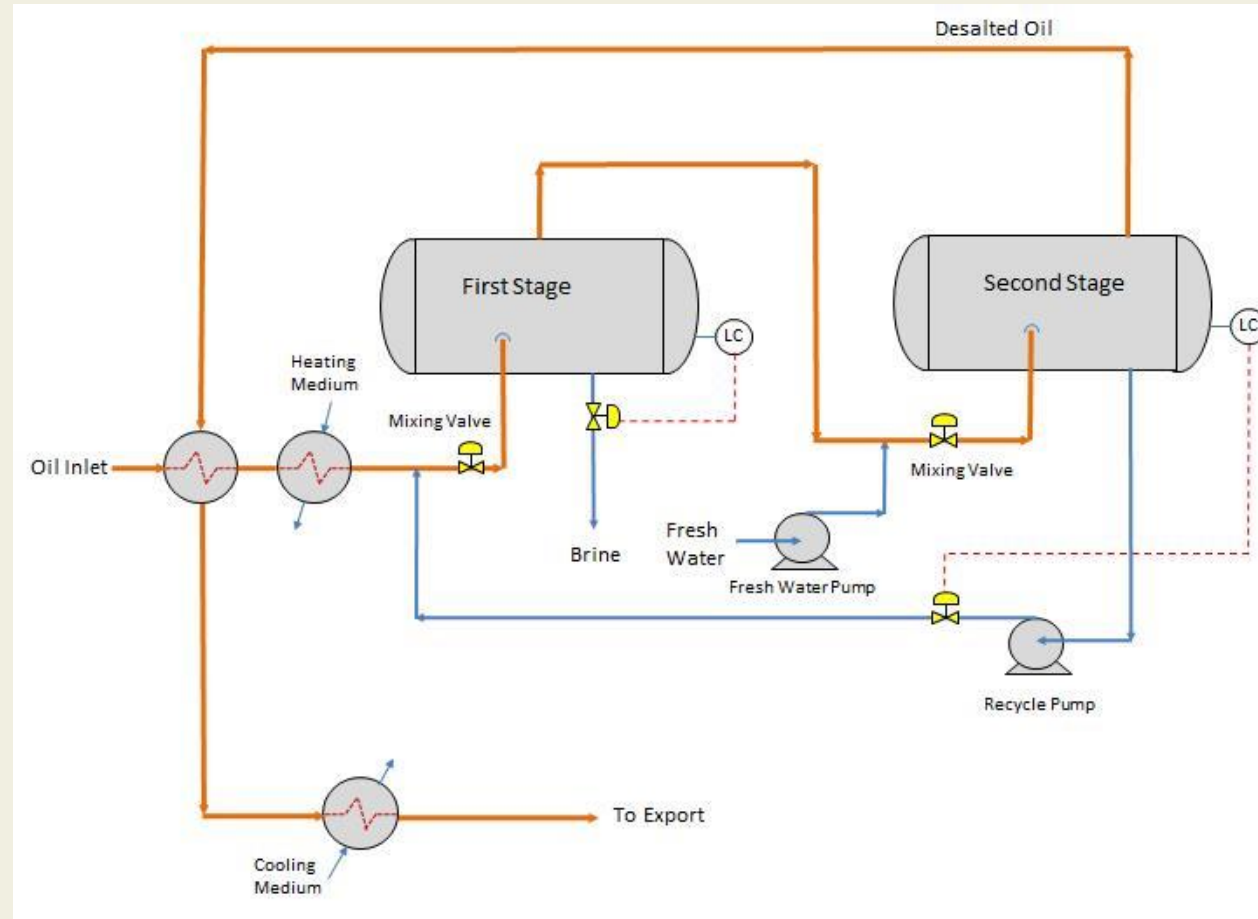
- Acque contro lavaggio filtri (TSS sopra i limiti).
- Acque rigenerazione colonne scambio ionico (salinità, cloruri, superiore a 5000-10000 mg/l).
- Acque da osmosi inversa (portata elevata e salinità ai limiti).

Sono acque facilmente trattabili, spesso inviate direttamente al Trattamento Acque di Scarico di stabilimento (TAS).



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: desalter effluent (acqua di formazione, production water, ricca di olio, TSS e salinità elevata);



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: desalter effluent (acqua di formazione, production water, ricca di olio, TSS e salinità elevata);

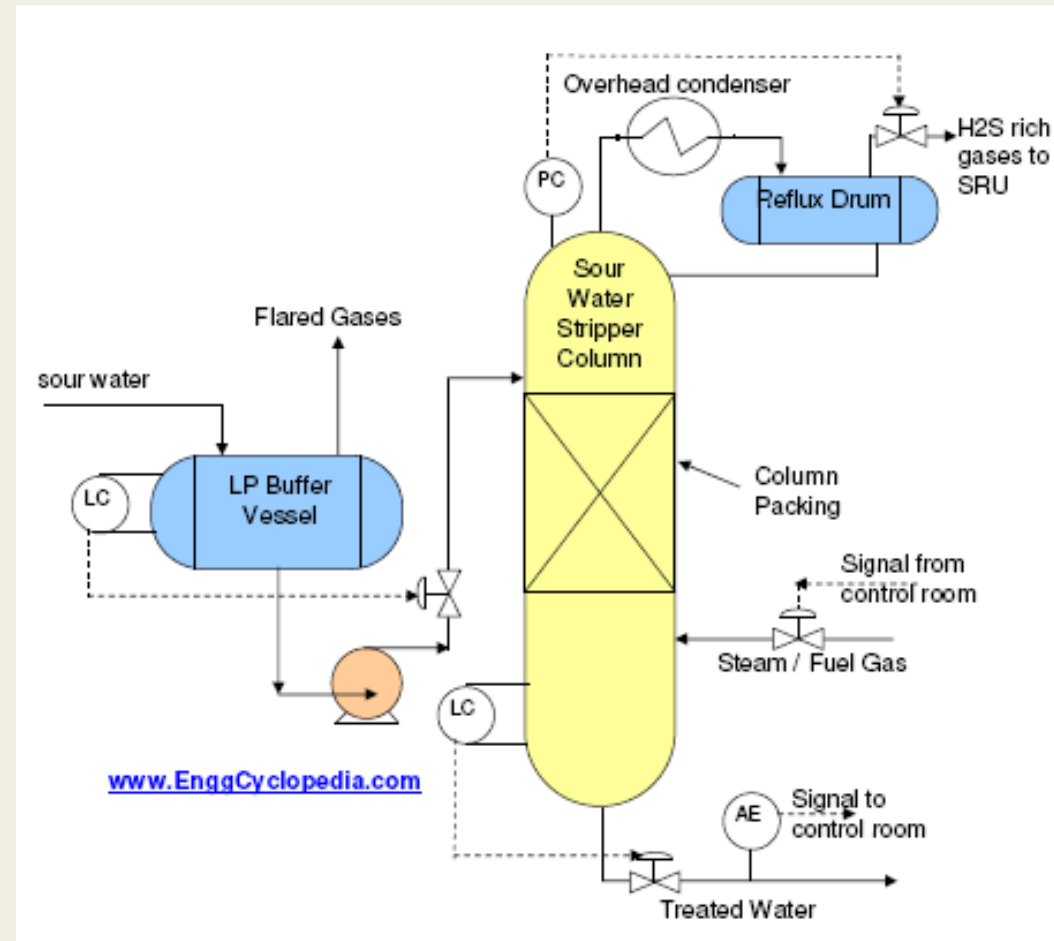
Parametro	Concentrazione	U.M.
pH	Variabile 7-10	
COD	400 - 1.000 (picco 500.000)	mg/l
Idrocarburi liberi	80 - 1.000 (picco 400.000)	mg/l
Idrocarburi disciolti	100 - 500	mg/l
Salinità	5.000 - 180.000	mg/l
TSS	400 - 1.000	mg/l
H ₂ S	0 - 100	mg/l
NH ₃	0 - 100	mg/l
Phenols	10 - 100	mg/l

Forti fenomeni di scaling (incrostazioni). Valori ricavati da casi reali.



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: sour water (acqua contenente fenoli e H_2S proveniente dal processo produttivo: stripping con vapore)



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: sour water (acqua contenente fenoli e H_2S e ammoniaca proveniente dal processo: strippaggio con vapore)

Parametro	Concentrazione	U.M.
pH	7-8	
COD	600 - 1200	mg/l
Idrocarburi liberi	< 10	mg/l
Idrocarburi disciolti	-	mg/l
Salinità	5000 - 180000	mg/l
TSS	< 10	mg/l
H_2S	< 10	mg/l
NH_3	< 100	mg/l
Phenols	0-200	mg/l

Acqua pre-trattata va a Trattamento acque di Stabilimento



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: tank bottom draws (drenaggi apparecchiature/serbatoi/acque oleose)

Parametro	Concentrazione	U.M.
pH	Variabile 6-9	
COD	400-1000	mg/l
Idrocarburi liberi	< 1000	mg/l
Idrocarburi disciolti	300 - 500	mg/l
Salinità	0-4000	mg/l
TSS	< 500	mg/l
H ₂ S	< 100	mg/l

Acqua Trattata inviata direttamente a trattamento acque di Scarico



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: spent caustic (soda caustica esausta)

Queste acque sono ricche in soda caustica esausta ma anche in ammoniaca fenoli e H_2S .

Provengono principalmente dai drenaggi delle guardie idrauliche delle fiaccole ma anche dal processo (cracking, etc)



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: spent caustic (soda caustica esausta)

Parametro	Concentrazione	U.M.
pH	12-14	
Soda caustica	2-15	% wt
H ₂ S	0,5-4	% wt
Idrocarburi disciolti	< 20	% wt
Acido cresilico	0-25 (max per trattamenti fenolici)	% wt
Acido Naftalenico	0-15 (max per trattamenti naftalenici)	% wt

Ammoniaca e TKN trascurabili.



REFLUI: ORIGINE E CARATTERISTICHE

Acqua di Processo: spent caustic (soda caustica esausta)

POSSIBILI VIE DI SMALTIMENTO/TRATTAMENTO

- Scarico in fognatura, previa neutralizzazione (dosaggio controllato)
- Smaltite esternamente
- Trattamento con evaporatori dedicati.
- Ossidazione con ossidante chimico
- Ossidazione con aria ad alta temperatura (500-700 ° C) (wet oxidation)



Indice Argomenti

- Reflui origine e caratteristiche
- **Reti fognarie**
- Principali trattamenti acque adottati
- Peculiarità progettazione settore petrolchimico
 - **Progettazione integrata** (Standard Cliente/Impianto)
 - **Standard di Progettazione** (API – SNAM – ARAMCO – SHELL etc)
 - **Standard sicurezza** (Hazid – Envid – Hazop)



RETI FOGNARIE

Diversi reflui scaricati richiedono reti fognarie separate di stabilimento.

Indicativamente le reti presenti in stabilimento sono:

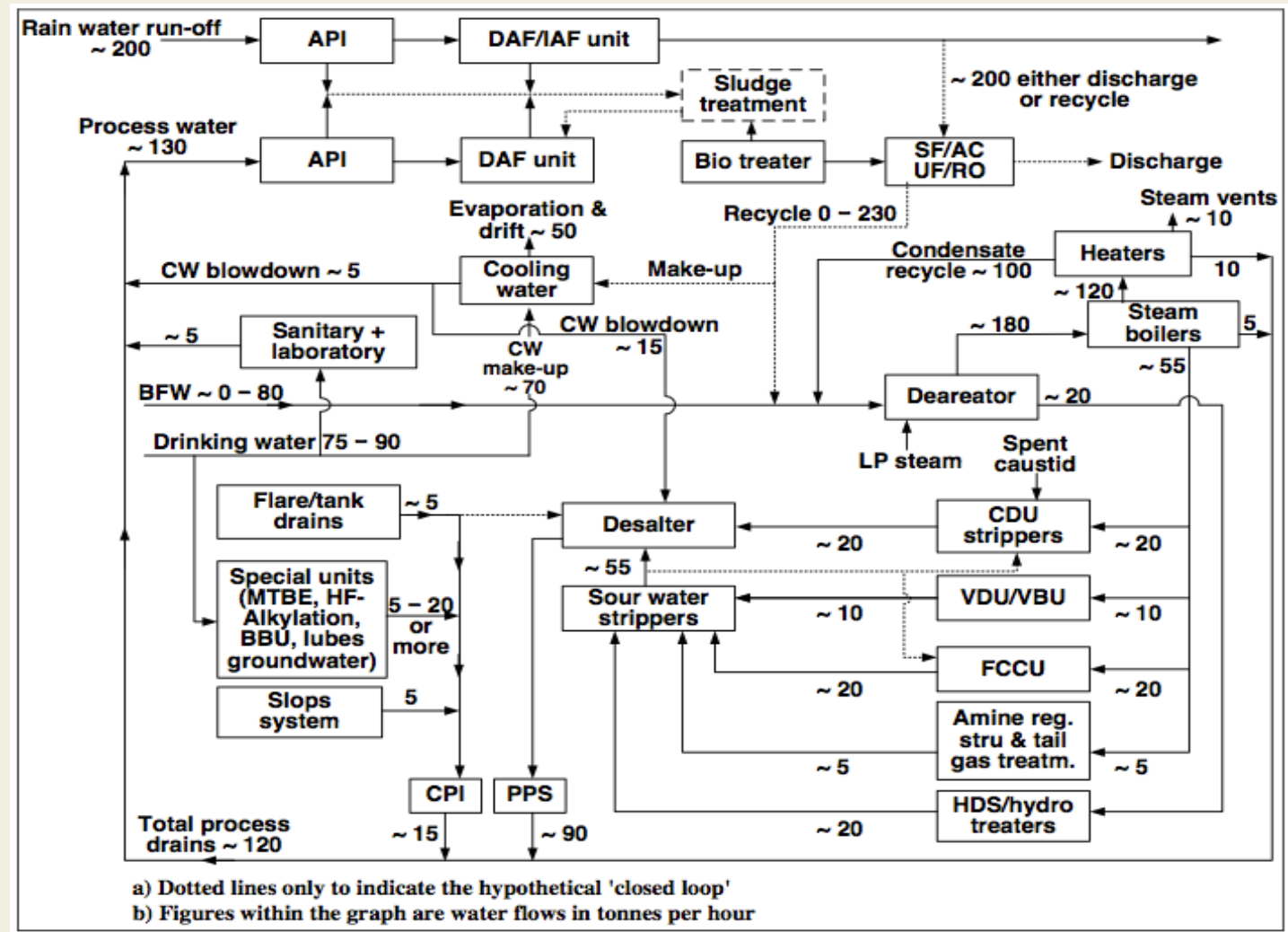
- a) Rete acque meteoriche**
- b) Rete acque oleose aperta**
- c) Rete acque oleose chiusa (acqua con H_2S)**
- d) Rete acque oleose saline aperta**
- e) Rete acque saline chiusa (acqua con H_2S)**
- f) Rete acque chimiche**
- g) Rete acque sanitarie**

La definizione e la progettazione delle reti fognarie richiede uno studio dedicato che può essere oggetto di un approfondimento in sede separata.

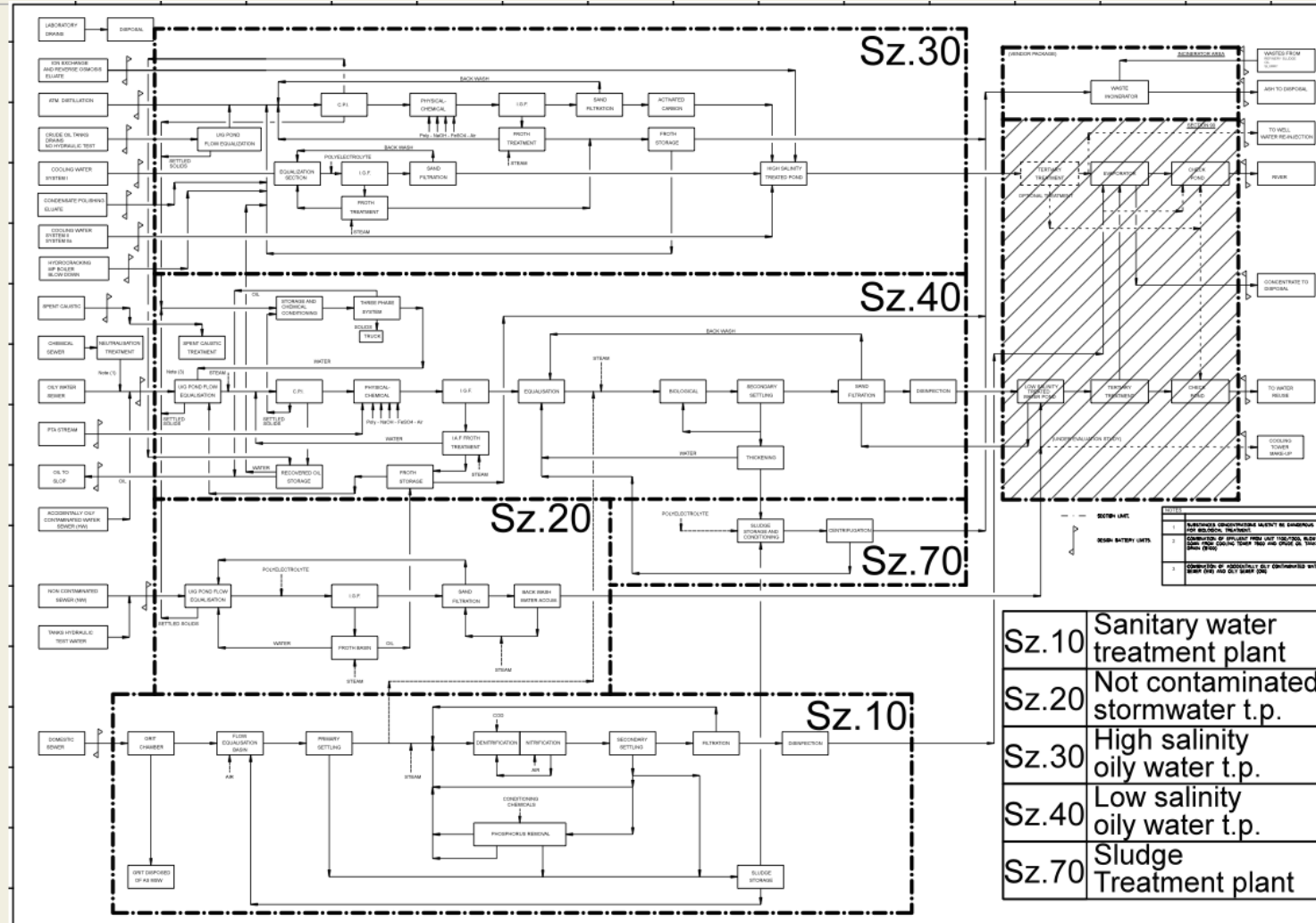


ESEMPIO DI SCHEMA A BLOCCHI DI UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE DI RAFFINERIA

Solo indicativa, da rivedere in relazione al caso specifico.



ESEMPIO DI SCHEMA A BLOCCHI DI UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE DI RAFFINERIA



Caso reale



Alcuni spunti di riflessione

- Diversi reflui per diversi materiali per le fognature (es in passato utilizzate tubazioni cementate per reflui salini, ora in materiale plastico come vetroresina; ma per alte pressioni e elevate temperature?).
- La fognatura meteorica deve poter raccogliere l'anti-incendio (definire la portata massima dimensionante).
- Pozzetti rompi-fiamma a valle di ogni reparto.
- Tubazioni a doppia parete per reflui contaminati.
- Dreni e prese campioni a tenuta per fognature con H_2S .

La definizione e la progettazione delle reti fognarie richiede uno studio dedicato che può essere oggetto di un approfondimento in sede separata.



Fognature chiuse - Close Drain presenza di H₂S !!

H₂S gas estremamente pericoloso:

0,0047 ppm è la soglia di riconoscimento (odore di uova marce)

10 ppm è il limite di esposizione senza danni 8 ore al giorno.

30 ppm limite rilievo olfattivo.

100–150 ppm perdita di coscienza edema polmonare con elevato rischio di morte.

800 ppm è la concentrazione mortale per il 50% degli esseri umani per 5 minuti di esposizione (DL50).

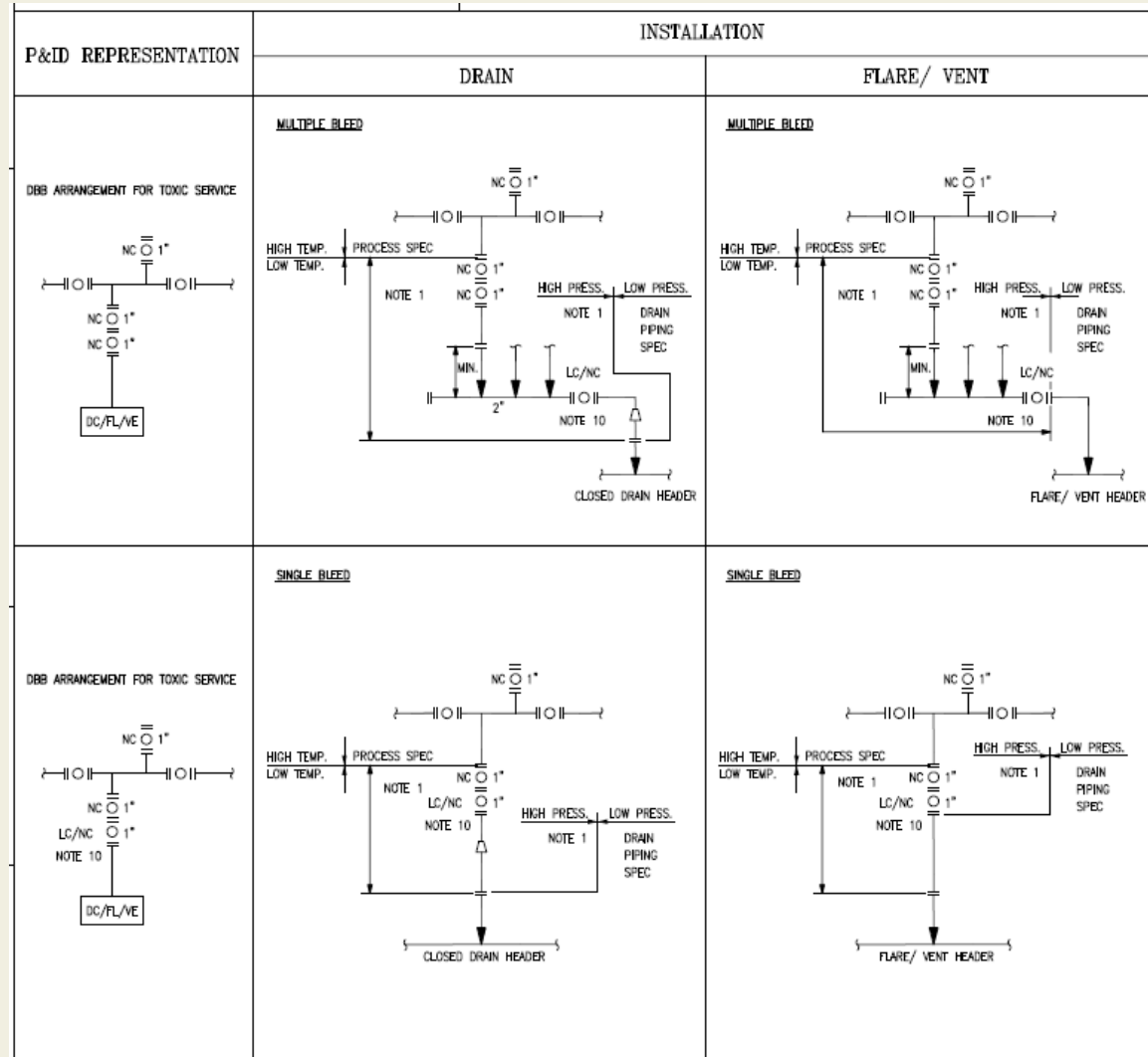
Concentrazioni di oltre 1000 ppm causano l'immediato collasso con soffocamento, anche dopo un singolo respiro.



RETI FOGNARIE

Fognature chiuse Close Drain

**Esempio dreni e vent.
Ogni singolo vent strumenti,
PSV etc. deve essere isolabile
in sicurezza**



RETI FOGNARIE

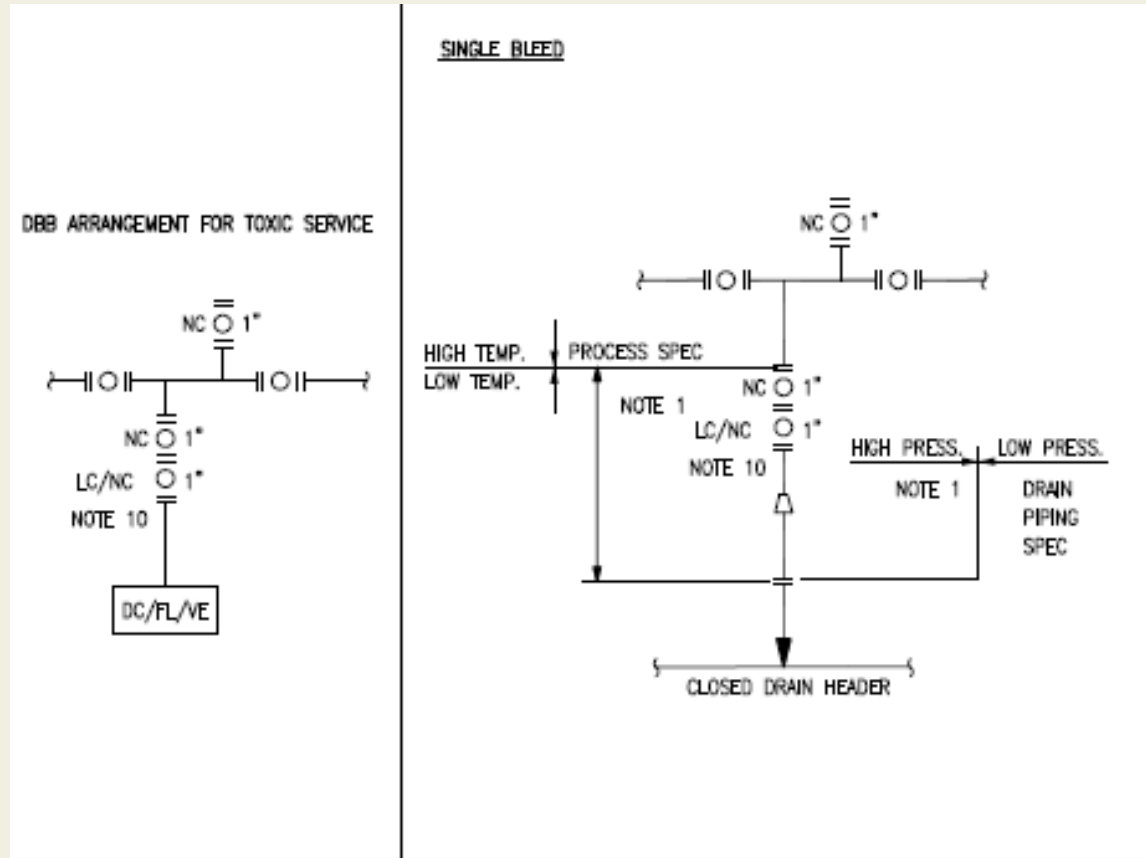
Fognature chiuse Close Drain

Insulation Criteria

STANDARD TIPICO DI OGNI COMPAGNIA PETROLIFERA

Individuano quando mettere anche un blocco positivo (disco a 8, spada etc.)

IMPORTANTE LA SICUREZZA OPERATIVA E DURANTE MANUTENZIONE



Indice Argomenti

- Reflui origine e caratteristiche
- Reti fognarie
- **Principali trattamenti acque adottati**
- Peculiarità progettazione settore petrolchimico
 - **Progettazione integrata** (Standard Cliente/Impianto)
 - **Standard di Progettazione** (API – SNAM – ARAMCO – SHELL etc)
 - **Standard sicurezza** (Hazid – Envid – Hazop)



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Separatori API

Nella vasca API avviene una separazione naturale, in base al peso specifico, delle sostanze pesanti, che sedimentano, da quelle leggere che risalgono in superficie.

Il dimensionamento delle vasche API segue le regole della normativa API (American Petroleum Institute, API standard 421)

I principali fattori che influiscono sul dimensionamento sono:

- portata
- temperatura del liquido
- densità delle particelle
- dimensione delle più piccole particelle di olio che si vogliono separare.

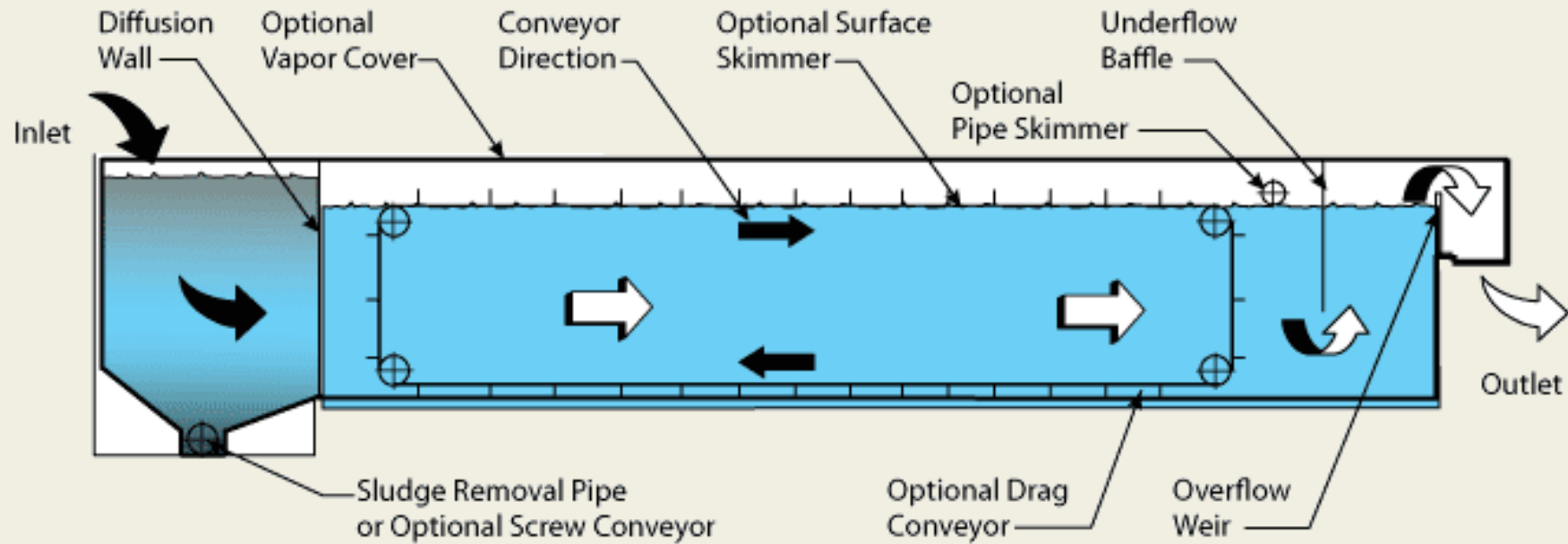
All'interno di una vasca API si installano sistemi di raccolta dei solidi flottati e/o sedimentati, tipicamente catene draganti con pale di fondo e di superficie.

Le vasche API sono corredate all'ingresso di una camera di distribuzione e di una serie di deflettori per ottimizzare la distribuzione del liquido nella vasca.



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Separatori API



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Separatori API



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Separatori API



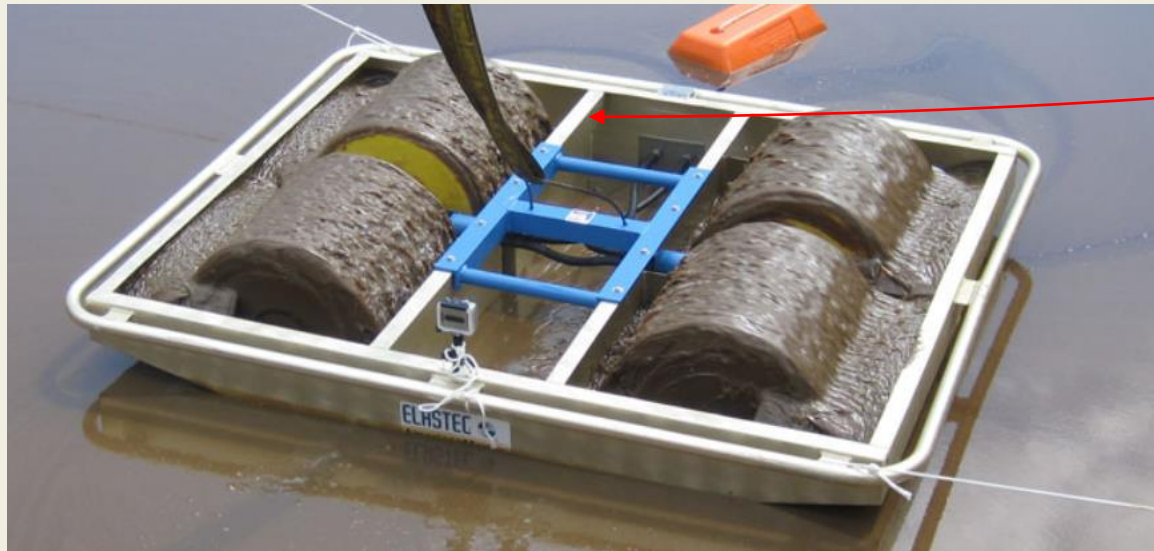
Particolare dello stramazzo di un API, realizzato tramite tubo forato



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Separatori API

Particolare dello recupero oli API disk oil

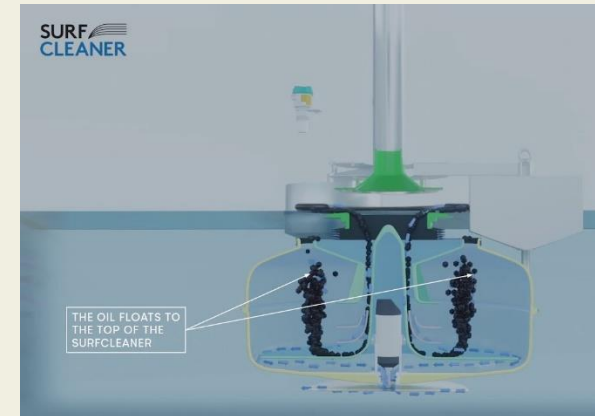


PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Separatori API



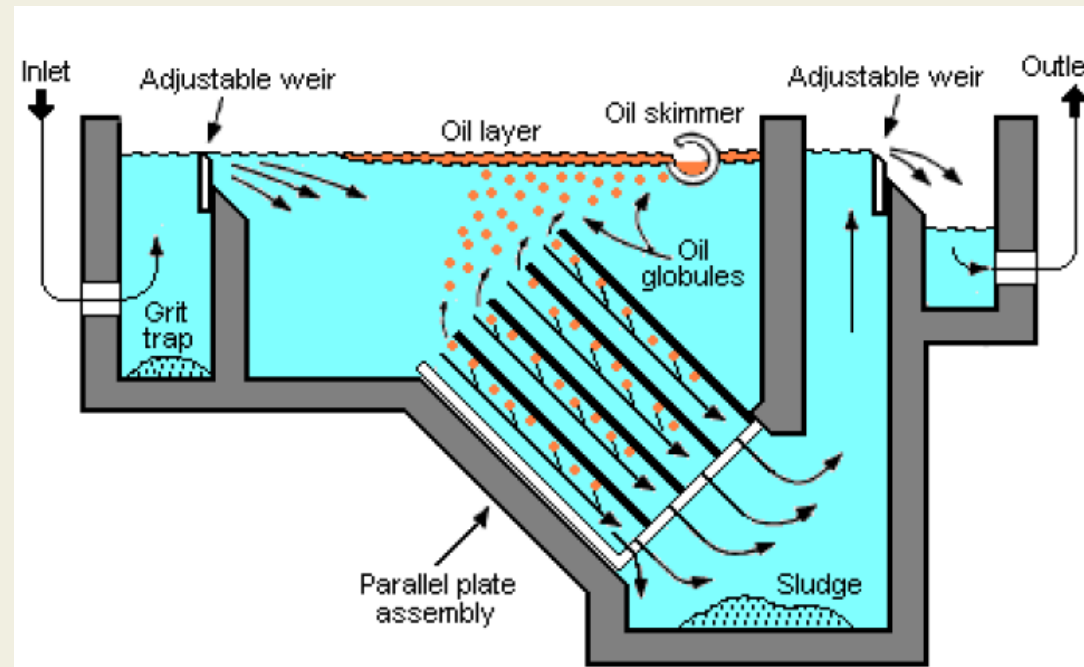
Oil skimmer



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

TPI – Tilted plate interceptor

CPI – Corrugated plate interceptor



In un separatore CPI le superfici idrofobe ed oleofile delle piastre riducono la distanza che una gocciolina di olio deve percorrere prima di raggiungere la superficie di raccolta. Contemporaneamente alla separazione olio/acqua, i solidi sedimentano attraverso la spaziatura del pacco lamellare. Essi sono raccolti in una camera dei fanghi con fondo a tramoggia sotto il pacco.

Fonte: BAT : Refining of Mineral Oil and Gas, pag 547



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

DAF - Flottazione ad aria disciolta

La flottazione ad aria disciolta, DAF (Dissolved Air Flotation) utilizza aria disciolta in acqua per ottenere la separazione solido/liquido.

Per favorire tale processo vengono in genere utilizzati additivi chimici in sequenza in grado di dar luogo al fenomeno della coagulazione e, successivamente, a quello della flocculazione.

Mentre la coagulazione ha lo scopo di destabilizzare l'equilibrio delle particelle all'interno del fluido, la flocculazione permette di agglomerare le stesse in fiocchi più forti ed estesi.

La flottazione ha luogo quando i fiocchi, a contatto con l'acqua satura di aria, vanno a formare degli aggregati che risalgono in superficie sfruttando la differenza di densità rispetto al liquido.

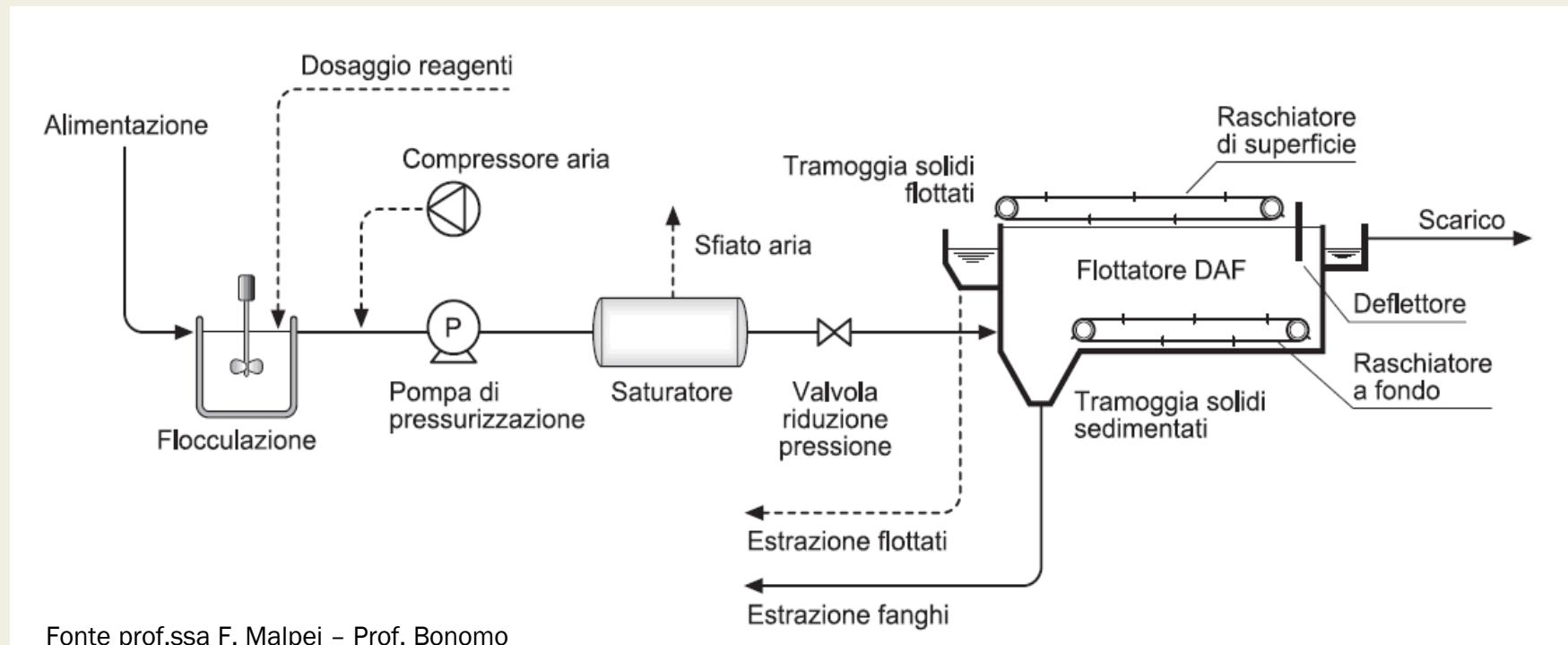
Il processo prevede la saturazione con aria di una certa quantità di acqua, in seguito mescolata con il refluo da trattare ad una pressione inferiore, determinando il rilascio delle bolle da parte della frazione satura.



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

DAF – Possibili configurazioni

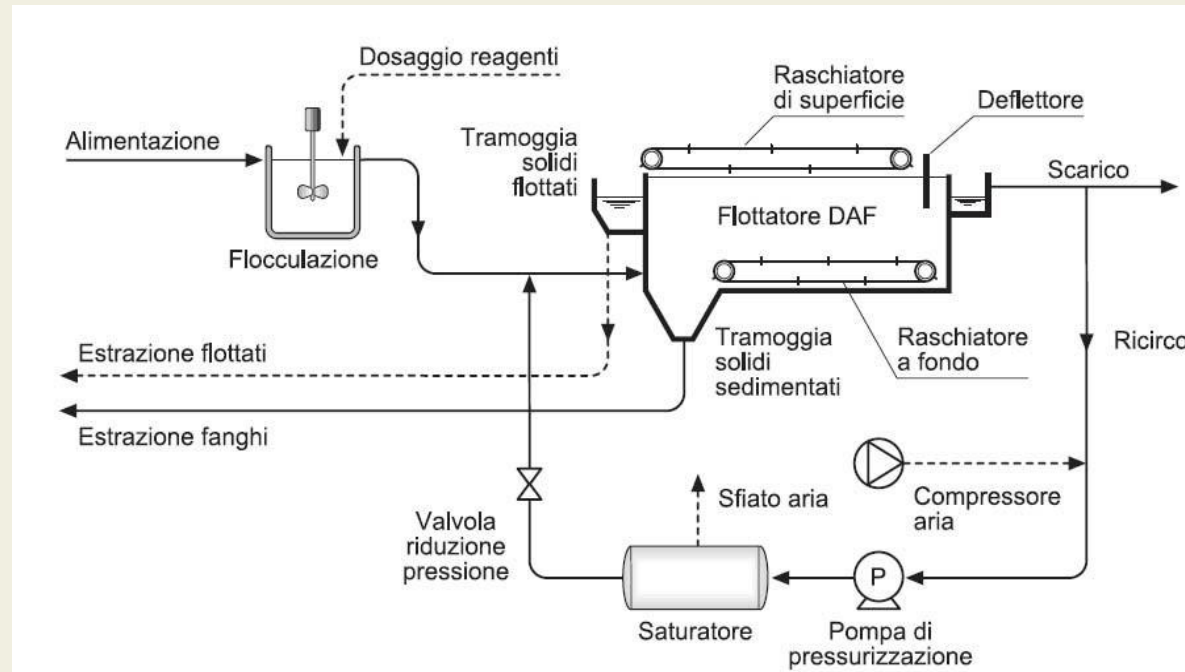
Pressurizzazione dell'alimento



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

DAF – Possibili configurazioni

Pressurizzazione del ricircolo



- ✓ Maggiori efficienze di solubilizzazione
- ✓ Maggiori concentrazioni di saturazione
- ✓ Evita formazione di emulsioni e rottura di fiocchi già formati
- ✓ Riduce problemi di intasamento e sporcamento dei dispositivi interessati alla dissoluzione/rilascio dell'aria (pompe, saturatore, valvole, ...).

Fonte prof.ssa F. Malpei – Prof. Bonomo



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

DAF - Parametri di dimensionamento

- Si assume valore del rapporto $\Delta C/SS$ (massa d'aria rilasciata/solidi) che garantisca la chiarificazione richiesta, da prove sperimentali o letteratura tecnica (0,01 – 0,05);
- Si calcola conseguentemente la pressione di esercizio nel saturatore, secondo equazione slide successiva, noti o assunti i termini di tale equazione (in particolare frazione f della concentrazione a saturazione ottenuta nel saturatore – valore in genere compreso tra 0,5 e 0,85).
- Si calcola la superficie del flottatore, assumendo un adeguato valore di flusso solido o carico idraulico

Parametro	Valori tipici*
Flusso solido	2,4 – 12
Carico idraulico	2 – 5 m/h

* I valori tipici sopra riportati dipendono dall'applicazione prevista (trattamento acque o fanghi)



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

DAF - Parametri di dimensionamento

$$\Delta c = (f \cdot \rho_a \cdot s \cdot p_s) - (\rho_a \cdot s \cdot p_f) = \rho_a \cdot s \cdot (f \cdot p_s - p_f) \quad (6.17)$$

s	= solubilità in volume dell'aria in acqua, funzione della temperatura riferita a pressione atmosferica (mL L^{-1});
ρ_a	= densità dell'aria in condizioni normali ($1,29 \text{ g L}^{-1}$);
p_s	= rapporto tra la pressione di esercizio del saturatore e la pressione atmosferica;
p_f	= rapporto tra la pressione di esercizio del flottatore e la pressione atmosferica (di norma unitario);
c_s	= concentrazione d'aria in uscita dal saturatore, inferiore al corrispondente valore di saturazione, dato il limitato tempo di contatto in esso mantenuto (mg L^{-1});
f	= frazione della concentrazione a saturazione ottenuta nel saturatore, per le condizioni di pressione in esso mantenute (0,65-0,85);
c_f	= concentrazione d'aria nel flottatore pari al corrispondente valore di saturazione (mg L^{-1});
Δc	= massa d'aria rilasciata nel flottatore per volume unitario d'acqua (mg L^{-1}), pari a ($c_s - c_f$).

Fonte prof.ssa F. Malpei - Prof. Bonomo



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

DAF - Flottazione ad aria disciolta



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

IAF/IGF – FLOTATORI ARIA-GAS INDOTTA

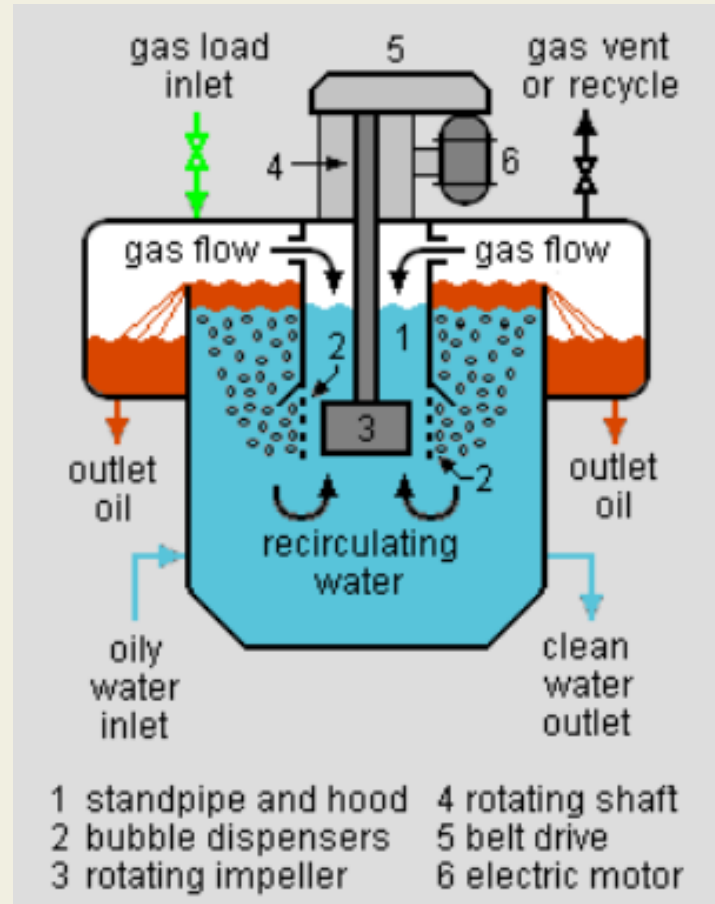
La flottazione a gas indotto è realizzata con una girante installata all'interno di uno statore verticale. La girante spinge il gas presente al di sopra del livello liquido all'interno dello statore, e lo forza a scendere lungo il tubo. Il gas attraversa la parte finale del tubo, dotata di lamelle e fori che assicurano la formazione di bolle di gas e la loro distribuzione nel liquido contenuto nella cella.

Le bolle di gas così formate risalgono nel liquido, favorendo la risalita dell'olio e dei solidi sospesi contenuti nell'acqua.



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

IAF/IGF – FLOTATORI ARIA-GAS INDOTTA



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

IAF – FLOTATORI ARIA INDOTTA



<http://www.tecniplant.it/>

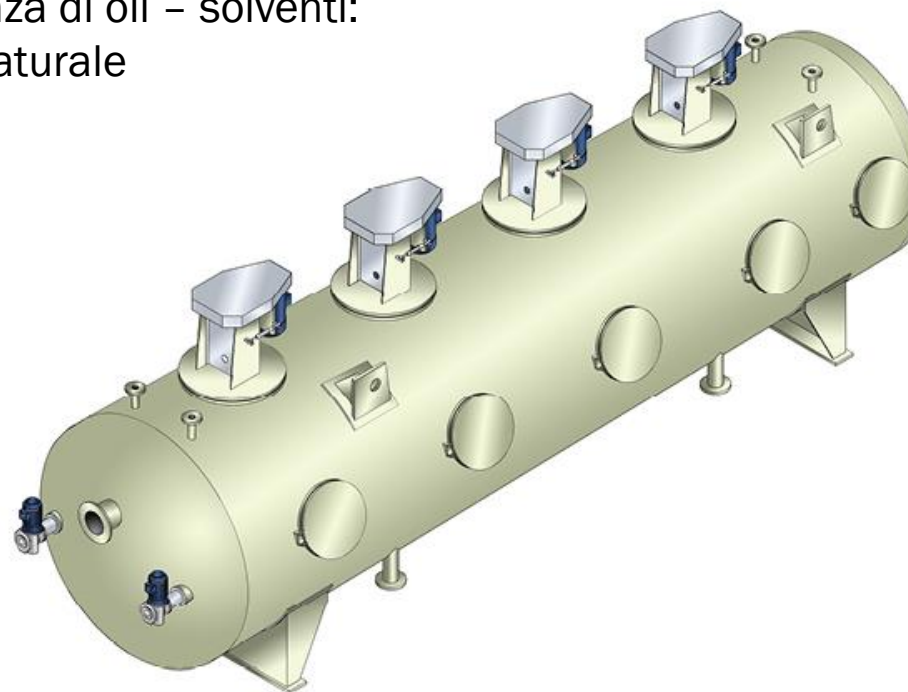


PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

IGF – FLOTATORI GAS INDOTTO

<http://www.tecniplant.it/>

IGF Induced Gas Flotator
 Da usare in presenza di oli – solventi:
 ad azoto o a gas naturale



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

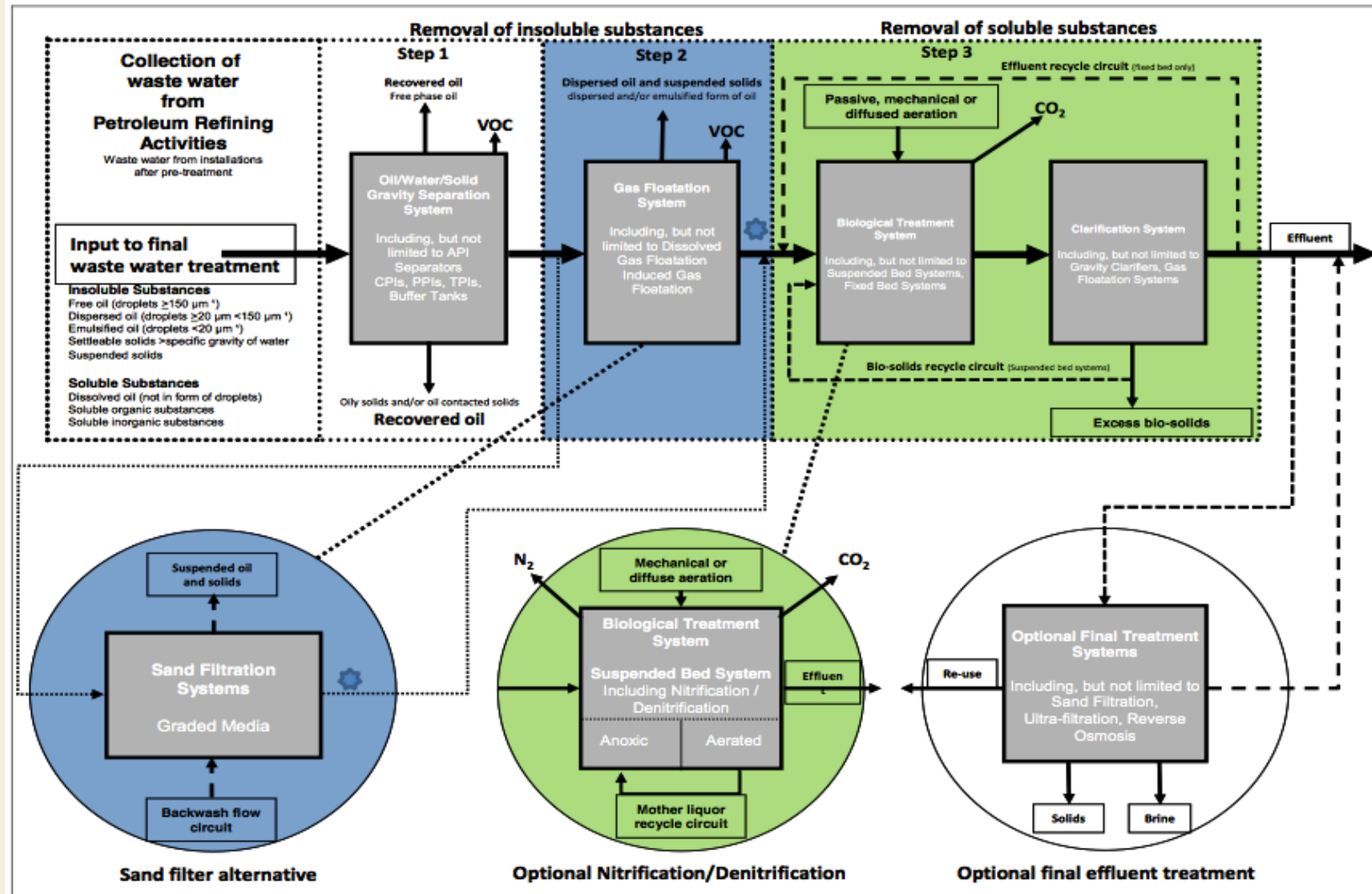
IAF/IGF – FLOTATORI ARIA-GAS INDOTTA

I principali parametri di dimensionamento di un flottatore ad aria indotta sono i seguenti:

Parameter	Minimum	Maximum
Gas/Water Ratio	0.12	8.5
Residence time (minutes)	0.5	4
Height/Width ratio (m high/m diameter)	1	4
Bubble size (microns)	30	1,200
Reject percentage	0.5	7



ESEMPIO DI DIAGRAMMA DI FLUSSO DEL PROCESSO DI UNA RAFFINERIA TIPICA



Fonte: BAT : Refining of Mineral Oil and Gas, pag 539



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

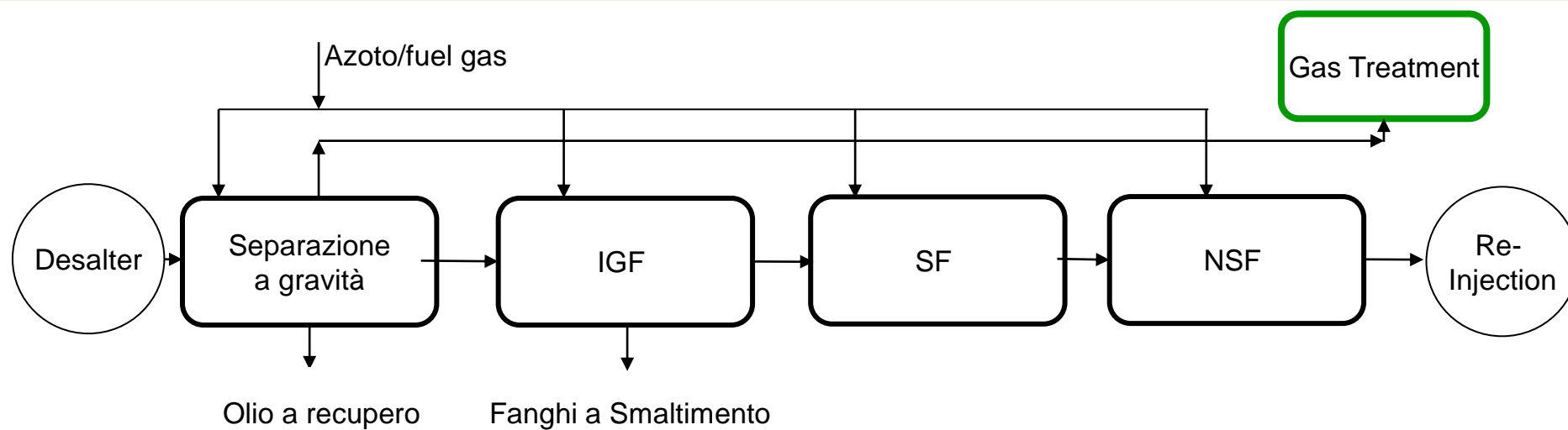
Acqua di Processo: desalter effluent (acqua di formazione, production water, ricca di olio, TSS e salinità elevata);

Parametro	Concentrazione	U.M.
pH	Variabile 7-10	
COD	400 - 1.000 (picco 500.000)	mg/l
Idrocarburi liberi	80 - 1.000 (picco 400.000)	mg/l
Idrocarburi disciolti	100 - 500	mg/l
Salinità	5.000 - 180.000	mg/l
TSS	400 - 1.000	mg/l
H ₂ S	0 - 100	mg/l
NH ₃	0 - 100	mg/l
Phenols	10 - 100	mg/l



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : desalter effluent (acqua di formazione, production water, ricca di olio, TSS e salinità elevata);



IGF: Induced gas flotator

SF: Sand Filter filtrazione a sabbia

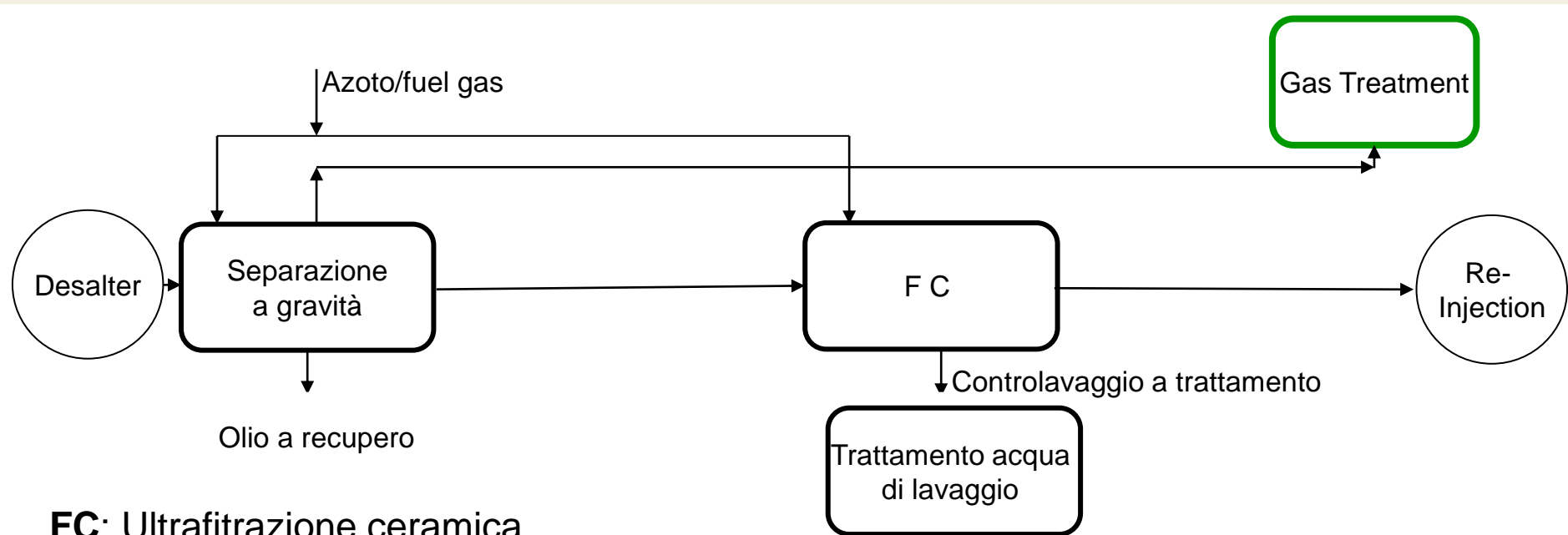
NSF: Nut shell filter (filtrazione su noccioli)

N.B: Oxygen scavenger, anti scalant, corrosion inhibitor sono dosati in più punti



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : desalter effluent (acqua di formazione, production water, ricca di olio, TSS e salinità elevata); **NUOVA TECNOLOGIA DA VALIDARE**



FC: Ultrafiltrazione ceramica

N.B: Oxigen scavenger, anti scalant, corrosion inhibitor sono dosati in più punti



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

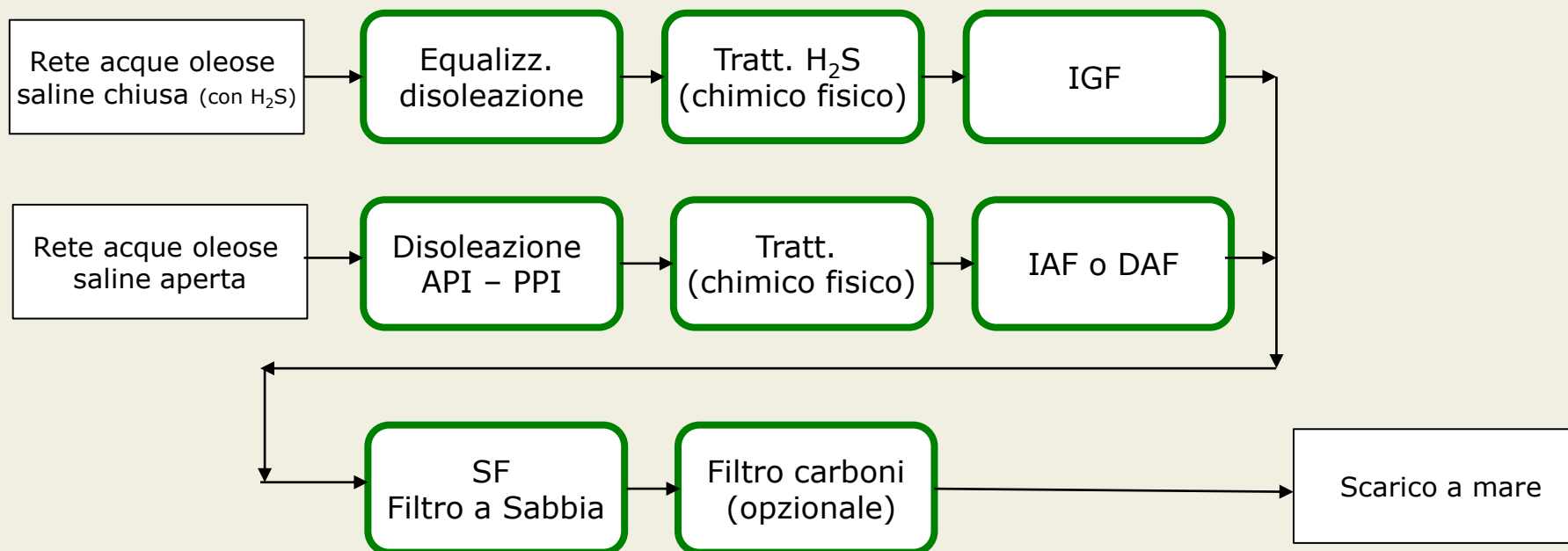
Acqua di Processo: desalter effluent (acqua di formazione, production water, ricca di olio, TSS e salinità elevata);

SEAM engineering Progetto KJO Al Khafji – Water reinjection start-up 2013



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : Fognature **OLEOSE SALINE**



Nota: sola linea acque, non considerati trattamento fanghi e gas esausto

API: API Separator (separatore olio a gravità)

PPI: Parallel Plate Inteceptor (separatore olio a pacchi lamellari)

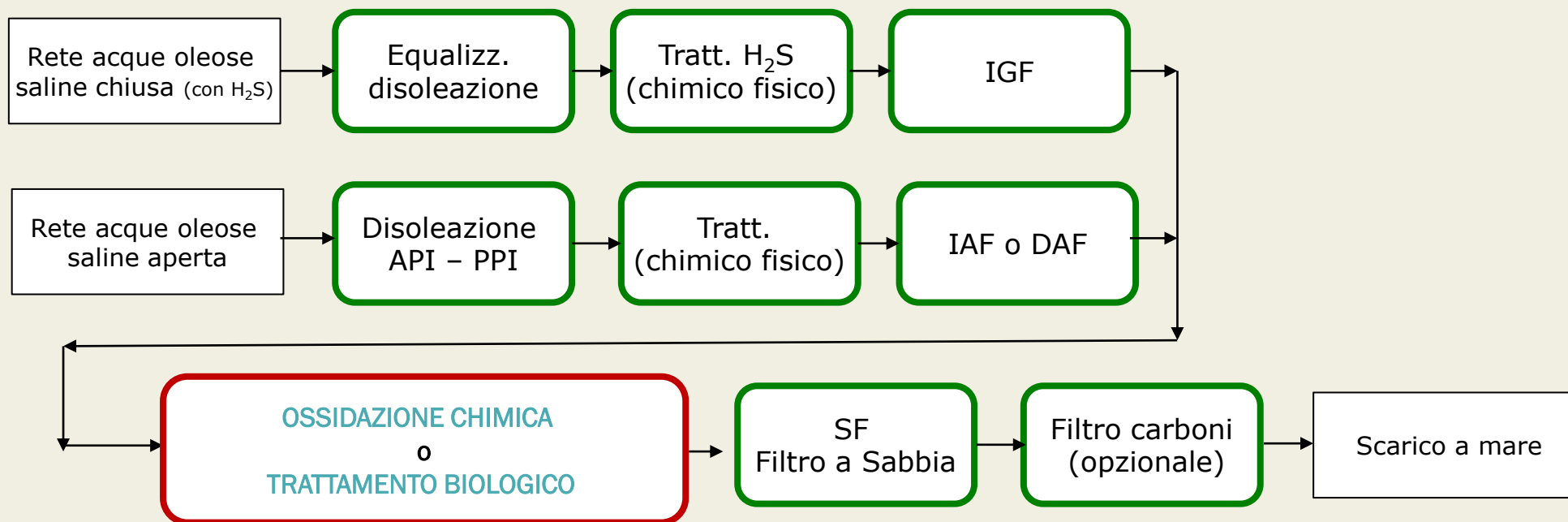
IGF: Induced gas Flotator (flotattatore a gas) - **IAF** Induced Air Floatator – **DAF**

Dissolved Air Floatator



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : Fognature **OLEOSE SALINE**



Nota: sola linea acque, non considerati trattamento fanghi e gas esausto

API: API Separator (separatore olio a gravità)

PPI: Parallel Plate Inteceptor (separatore olio a pacchi lamellari)

IGF: Induced gas Flotator (flotattatore a gas) - **IAF** Induced Air Floatator – **DAF**

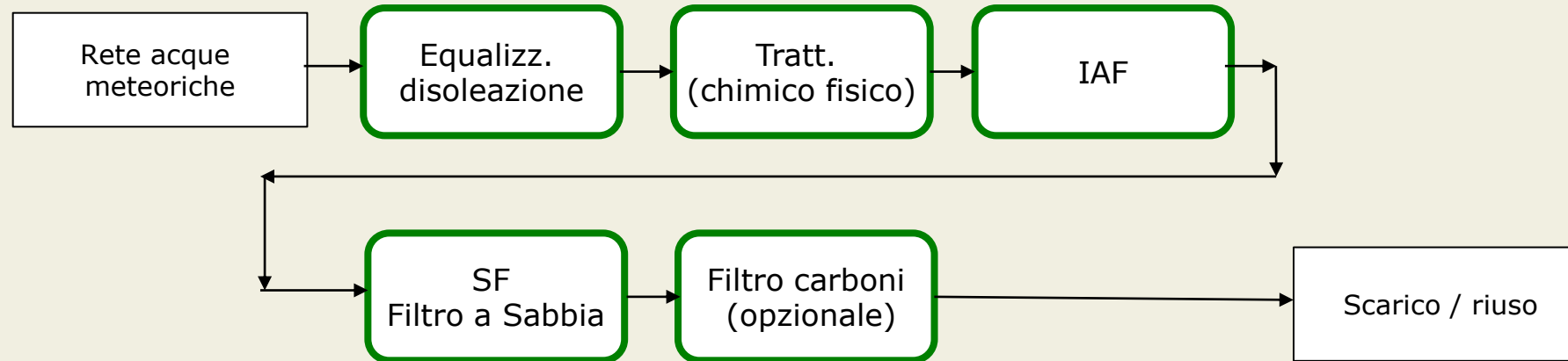
Dissolved Air Floatator



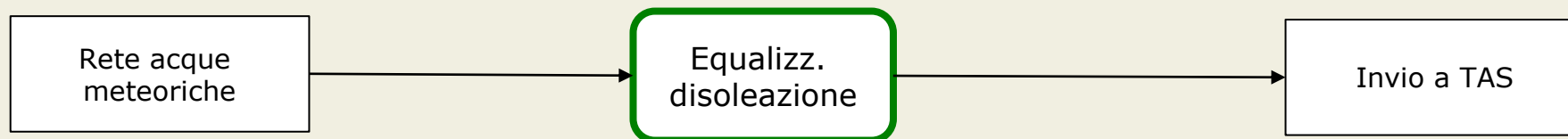
PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : Fognature **ACQUE METEORICHE**

Opzione 1: Trattamento dedicato



Opzione 2: Trattamento in impianto centralizzato (TAS trattamento acque di scarico)



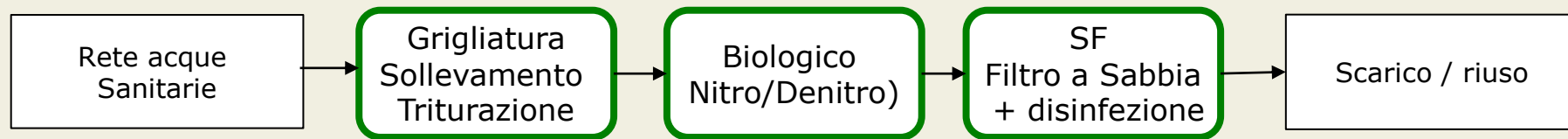
Nota: sola linea acque, non considerati trattamento fanghi



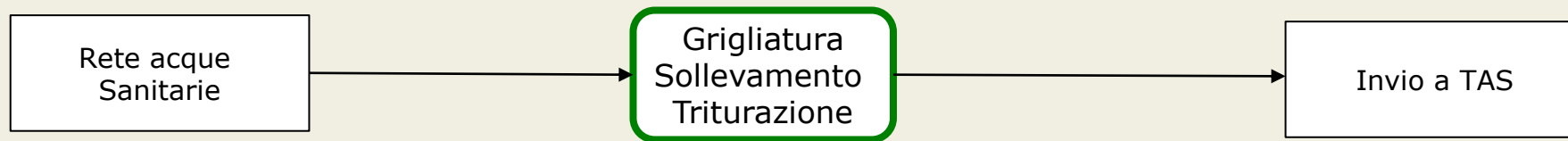
PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : Fognature acque **SANITARIE**

Opzione 1: Trattamento dedicato



Opzione 2: Trattamento in impianto centralizzato (TAS Trattamento Acque di Scarico)

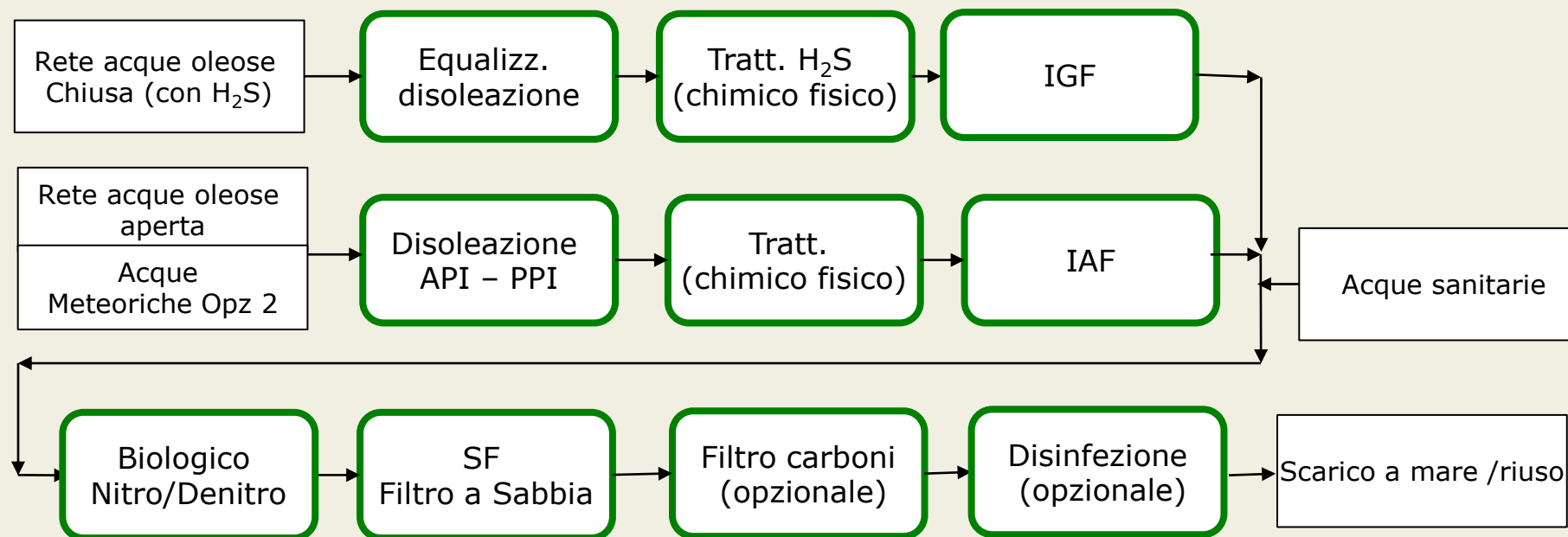


Nota: sola linea acque, non considerati trattamento fanghi



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : Fognature **OLEOSE NON SALINE** (TAS Trattamento Acque di Scarico)



Nota: sola linea acque, non considerati trattamento fanghi, oli, e gas esausto

API: API Separator (separatore a olio a gravità)

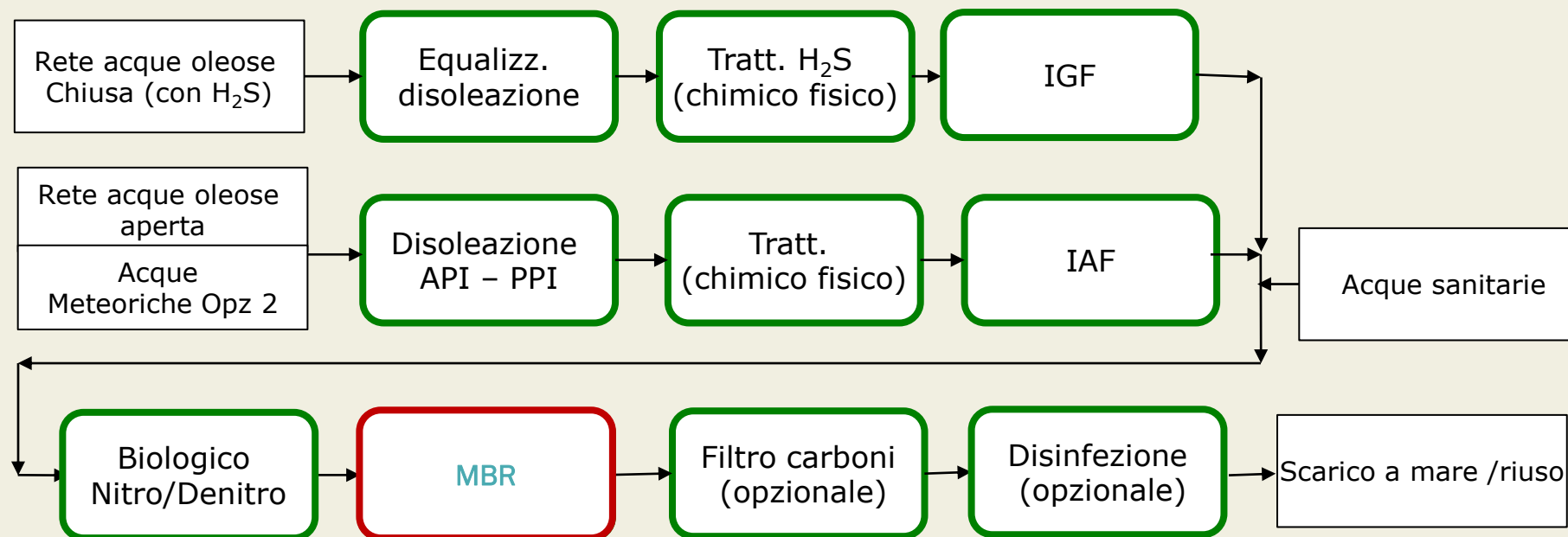
PPI: Parallel Plate Inteceptor (separatore olio a pacchi lamellari)

IGF: Induced gas Floatator (flotattatori a gas) - **IAF** Induced Air Floatator



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Processo : Fognature **OLEOSE NON SALINE** (TAS Trattamento Acque di Scarico)



Nota: sola linea acque, non considerati trattamento fanghi, oli, e gas esausto

API: API Separator (separatore a olio a gravità)

PPI: Parallel Plate Inteceptor (separatore olio a pacchi lamellari)

IGF: Induced gas Floatator (flotattatori a gas) - **IAF** Induced Air Floatator



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Raffineria:

Fonte: BAT :
Refining of Mineral Oil
and Gas

Table 3.16: Typical refinery influent/effluent annual average composition and load

Parameter	Composition after pretreatment by API, CPI and SWS		Annual effluent composition downstream WWTP		Specific load (g/t feedstock)		No (°)
	Average	Max.	Min. - Max.		5th - 95th Percentile	50th Percentile	
pH (pH unit)	7	10	6 - 9				
Temperature (°C)	25	45	10 - 35				
			5th - 95th Percentile	50th Percentile	5th - 95th Percentile	50th Percentile	
TOC	100	250	4 - 50	14	1 - 15	5.5	22
COD	300 - 500	1000	19 - 125	66	9 - 85	27.2	38
BOD ₅	80 - 150	300	2 - 30	10	0.5 - 25	4.4	31
HOI (°)	40 - 50	100	0.05 - 6.3	1.5	0.1 - 3	0.4	15
HOI (°)	NA	NA	0.3 - 5	1.2	0.03 - 10	0.6	11
TSS	20 - 60	200	4 - 35	15	1 - 30	6.3	37
AOX (°)	NA	NA	0 - 6	0.2	0 - 0.5	0.06	14
Ammonium-N	12 - 15	30	0.3 - 15	2.7	0.1 - 10	1.2	19
Nitrites-N	NA	NA	0.03 - 1.5	0.2	0.05 - 0.7	0.1	13
Nitrates-N	NA	NA	0.4 - 12	1.7	0.2 - 3	1.4	15
Kjeldahl nitrogen	25	50	2 - 20	5.4	1 - 6	2.3	13
Total Nitrogen	25	50	3 - 22	8	1 - 20	4	38
Phosphate	5	20	0.1 - 1.5	0.3	0.05 - 1	0.13	7
Total Phosphorus	NA	NA	0.05 - 4	0.6	0.05 - 2	0.3	26
Anionic agents	NA	NA	0.2 - 0.3	0.25	0.1 - 0.2	0.15	2
Cyanide (°)	0 - 3	5	0.003 - 0.1	0.015	0.001 - 0.03	0.004	16
Sulphide	5	10	0.005 - 0.2	0.05	0.002 - 0.25	0.025	16
Phenols	12	25	0.01 - 0.4	0.1	0.001 - 0.3	0.02	29
MTBE (°)	0 - 3	15	0.003 - 0.1	0.02	0.001 - 0.03	0.005	3
Fluoride (°)	0 - 30	60	0.2 - 3	0.8	0.3 - 2	0.6	7
Benzene	NA	10	<0.001 - 0.1	0.001	<0.001 - 0.05	0.002	10
Toluene	NA	NA	<0.001 - 0.6	0.003	<0.001 - 0.1	0.004	10
Ethylbenzene	NA	NA	<0.001 - 0.005	0.001	<0.001 - 0.007	0.004	9
Xylenes	NA	NA	<0.001 - 0.2	0.001	<0.001 - 0.15	0.004	7
BTEX	5	10	<0.001 - 1	0.005	<0.001 - 0.2	0.01	10
PAH-16	0.1	0.5	<0.0001 - 0.01	0.0007	<0.0001 - 0.005	0.0003	11



PRINCIPALI TRATTAMENTI ACQUE ADOTTATI

Acqua di Raffineria:

Fonte: BAT :
Refining of Mineral Oil
and Gas

Table 3.16: Typical refinery influent/effluent annual average composition and load

Parameter	Composition after pretreatment by API, CPI and SWS		Annual effluent composition downstream WWTP		Specific load (g/t feedstock)		No (°)
	Average	Max.	Min. - Max.		5th - 95th Percentile	50th Percentile	
pH (pH unit)	7	10	6 - 9				
Temperature (°C)	25	45	10 - 35				
			5th - 95th Percentile	50th Percentile	5th - 95th Percentile	50th Percentile	
PAH-16	0.1	0.5	<0.0001 - 0.01	0.0007	<0.0001 - 0.005	0.0003	11
Arsenic-As	NA	NA	<0.001 - 0.02	0.003	<0.001 - 0.02	0.0007	21
Boron-B	NA	NA	0.2 - 0.6	0.4	NA	NA	4
Cadmium-Cd	NA	NA	<0.001 - 0.05	0.001	<0.0001 - 0.005	0.001	18
Chromium-Cr	NA	100	<0.001 - 0.05	0.003	<0.0001 - 0.005	0.001	23
Chromium VI	NA	NA	<0.001 - 0.02	0.002	<0.0001 - 0.002	0.001	7
Cobalt-Co	NA	NA	<0.001 - 0.003	0.001	NA	NA	3
Copper-Cu	NA	NA	0.01 - 0.1	0.05	<0.001 - 0.03	0.002	27
Iron-Fe	NA	NA	0.15 - 3	0.4	0.01 - 0.6	0.15	14
Mercury-Hg	NA	NA	<0.0001 - 0.003	0.0002	<0.0001 - 0.002	0.0001	21
Manganese-Mn	NA	NA	0.02 - 0.5	0.08	0.001 - 1.8	0.04	9
Molybdenum-Mo	NA	NA	0.004 - 0.02	0.01	NA	NA	4
Nickel-N	NA	NA	0.002 - 0.1	0.01	<0.001 - 0.03	0.006	22
Lead-Pb	NA	10	<0.0001 - 0.01	0.001	<0.0001 - 0.02	0.005	25
Selenium-Se	NA	NA	0.003 - 0.08	0.04	NA	NA	5
Stain-Sn	NA	NA	<0.001 - 0.02	0.01	<0.0005 - 0.005	0.004	6
Vanadium-V	NA	NA	0.005 - 0.1	0.02	<0.001 - 0.01	0.003	10
Zinc-Zn	NA	NA	0.005 - 0.12	0.03	<0.001 - 0.1	0.015	29
Heavy metals (°)	1	2	0.05 - 1.0	0.2	0.02 - 2	0.1	-

- (°) Dependent on whether or not relevant units are part of the refinery.
 (°) Number of available site yearly concentration values provided to the TWG.
 (°) Hydrocarbon Oil Index measured according to method EN 9377-1.
 (°) Hydrocarbon Oil Index measured according to method EN 9377-2:2000 (GC-FID).
 (°) Sum of individual percentile data for the following metals: Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sn, V, Zn.
 (-) Not appropriate.

Source: [TWG data collection questionnaires]



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO

Indice Argomenti

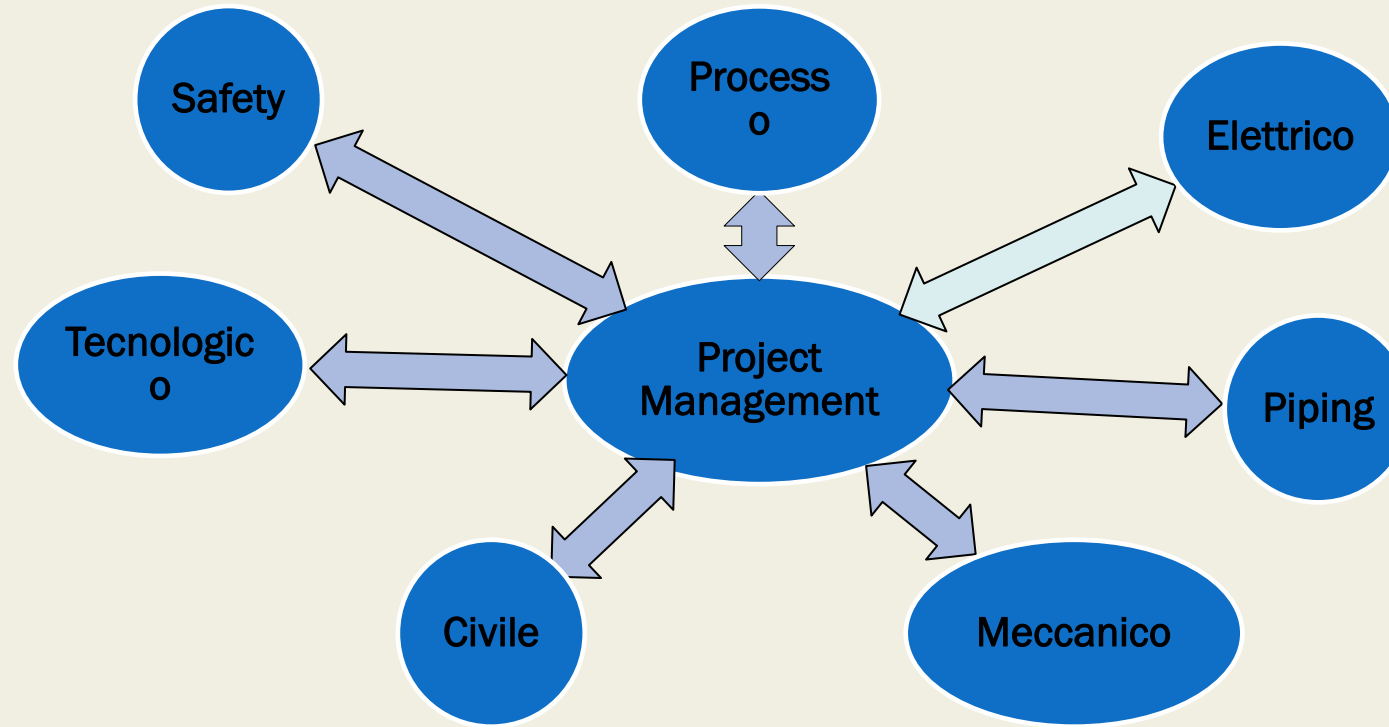
- Reflui origine e caratteristiche
- Reti fognarie
- Principali trattamenti acque adottati
- **Peculiarità progettazione settore petrolchimico**
 - **Progettazione integrata** (Standard Cliente/Impianto)
 - **Standard di Progettazione** (API – SNAM – ARAMCO – SHELL etc)
 - **Standard sicurezza** (Hazid – Envid – Hazop)



PECULIARITÀ PROGETTAZIONE SETTORE PETROLCHIMICO

Progettazione integrata (Standard Cliente/Impianto)

Spesso nella progettazione si è parte di una task force presso il cliente:



PECULIARITÀ PROGETTAZIONE SETTORE PETROLCHIMICO

Standard di Progettazione (API – SNAM – ARAMCO – SHELL etc)

Costruire un impianto di trattamento acque in una raffineria richiede di progettare in accordo agli standard della compagnia che spesso si riferiscono agli standard internazionali.

I più utilizzati sono gli API standard American Petroleum Institute standard

https://www.api.org/products-and-services/standards/purchase#tab_catalog

Link Catalogo completo

https://www.api.org/~media/Files/Publications/2018_Catalog/2018_Pubs_Catalog_final_sm.pdf



Standard sicurezza (Hazid – Envid – Hazop)

Lo Studio di Identificazione del Pericolo (**Hazard identification – HazID**) è il metodo per identificare i pericoli atto a prevenire e ridurre qualsiasi impatto negativo che potrebbe causare lesioni al personale, danni o perdita di proprietà, ambiente e produzione, o diventare una responsabilità. HazID è un componente della valutazione e della gestione del rischio. Viene utilizzato per determinare gli effetti negativi dell'esposizione ai pericoli e pianificare le azioni necessarie per mitigare tali rischi.

Il Processo di Identificazione Ambientale (**Environment Identification – ENVID**) serve per l'identificazione precoce degli aspetti che possono potenzialmente avere un impatto sull'ambiente. Un altro elemento chiave del processo è l'identificazione delle misure proposte per prevenire, controllare o mitigare i potenziali pericoli ambientali identificati. Inoltre, ove necessario, sono previste misure alternative e schemi di monitoraggio.



PECULIARITÀ PROGETTAZIONE SETTORE PETROLCHIMICO

Standard sicurezza (Hazid – Envid – Hazop)

Studio HAZOP (HAZard and OPerability analysis): esercizio di gruppo, che si svolge attraverso la formulazione di alcune specifiche domande strutturate; è finalizzato all'individuazione di deviazioni dagli intenti di progetto che possono portare ad inconvenienti di sicurezza o di esercizio.

Si sviluppa dall'analisi dei singoli loop di controllo dei P&ID, può durare anche 2-3 settimane e coinvolge tutti gli specialisti di progetto

L'HAZOP è basato su un lavoro di gruppo, svolto in sedute, mirato all'individuazione dei pericoli esistenti nella gestione di un determinato processo lavorativo. Tali pericoli sono identificati e indagati sulla base di deviazioni, siano esse accidentali o meno, di parametri chiave, caratteristici del processo in esame.

Caratteristici dell'HAZOP sono il modo di operare del gruppo di lavoro e le modalità di definizione del contenuto dello studio.



PECULIARITÀ PROGETTAZIONE SETTORE PETROLCHIMICO



PECULIARITÀ PROGETTAZIONE SETTORE PETROLCHIMICO



PECULIARITÀ PROGETTAZIONE SETTORE PETROLCHIMICO



PECULIARITÀ PROGETTAZIONE SETTORE PETROLCHIMICO



IMPIANTI PER PETROLCHIMICO



Grazie per l'attenzione!

Domande?





SEAM engineering srl

Presso Parco Scientifico Tecnologico
ComoNEXT
Via Cavour 2, 22074 Lomazzo (CO)

+39 0236714388

info@seam-eng.com

www.seam-eng.com

Domiziano Ivan Basilico
domiziano.basilico@seam-eng.com



EMOTICON DI FAST AMBIENTE

