

Sistema di denitrificazione catalitica (SCR)

1 SCARICO E STOCCAGGIO

Generalità

Prodotto da scaricare	soluzione di NH ₃ in acqua
Concentrazione	25%
Portata minima di scarico autobotti	30 m ³ /h
Rampe di scarico	2
Capacità di stoccaggio	2.000 m ³
Numero di serbatoi	4 da 500 m ³ cadauno
Sistema abbattimento sfiati serbatoi	a gorgogliamento in acqua

L'ammoniaca necessaria al processo viene approvvigionata in soluzione acquosa al 25% mediante autocisterne e stoccata in serbatoi.

I serbatoi sono tutti collegati da linee di equilibrio pressione ed i loro sfiati sono collegati, sotto battente di 4 metri di colonna d'acqua industriale, ad un serbatoio di abbattimento comune. I serbatoi sono protetti dalle radiazioni solari mediante un adeguato trattamento superficiale.

Per impedire che i serbatoi vadano sotto vuoto durante lo svuotamento è prevista un'alimentazione di azoto con riduttrici in cascata tarate a 2,5 e 0,05 barg; è comunque presente una valvola rompuvuoto automatica con intervento tarato ad un valore di pressione più basso delle riduttrici.

Il sistema di scarico è costituito da due piazzole dotate ciascuna di braccio meccanico per il prelievo della soluzione ammoniacale dall'autobotte, serbatoio di caricamento per il completo svuotamento della cisterna, pompa di trasferimento e linea di equilibrio pressioni lato gas con i serbatoi di stoccaggio. Una terza pompa funge da riserva ad entrambe le postazioni. L'autobotte è bloccata sulla rampa mediante ceppi con fine corsa che mettono in sicurezza lo scarico in caso di movimenti anomali ed è collegata alla rete elettrica di terra.

Nelle aree di scarico, stoccaggio e strippaggio sono installate docce di sicurezza e fontanelle per il lavaggio degli occhi. Le operazioni di scarico e travaso sono eseguite all'aperto.

Scarico e stoccaggio soluzione ammoniacale (Figura 1, 2 e 3)

L'autobotte (Figura 1) è collegata con un braccio snodato (GR 501 A/B) lato fondo al serbatoio polmone (BP 503 A/B) di scarico e lato gas al sistema di equalizzazione pressioni.

Le piazzole sono dotate di bacino di contenimento, per ricevere l'intero carico delle autobotti in caso di emergenza, collegato alla vasca di raccolta drenaggi.

Anche i serbatoi di stoccaggio e l'abbattitore (Figura 2) sono corredati di analogo bacino, che riceve gli eventuali sversamenti e lo scarico di troppo pieno degli stessi, collegato alla vasca.

Lo svuotamento della vasca raccolta drenaggi (Figura 1) avviene a mezzo di due pompe, una di riserva all'altra, con invio all'ITAR o, se la concentrazione rilevata dall'analizzatore A 064 sulla mandata supera i 15 ppm, all'ITAA.

L'avviamento è comandato dal livellostato di alto livello L-025 mentre l'arresto da quello di basso livello L-024.

Sia nella zona di scarico autobotti che nella zona di stoccaggio (Figura 3) sono previste delle misure di ammoniaca (A-026, A-030 ed A-033) in aria ed un sistema di abbattimento a pioggia comandato automaticamente da altissima concentrazione o da operatore con 8 pulsanti lungo le vie di fuga o da Sala Manovre.

Tale sistema è alimentato dalla rete di acqua antincendio attraverso l'apertura delle valvole F-060, F-061 ed F-062 che immettono acqua agli ugelli spruzzatori della zona relativa.

Durante le fasi di scarico e travaso soluzione ammoniacale in caso di :

- movimento dell'autobotte.
- altissima concentrazione NH₃ in aria (analizzatore A-026).
- altissimo livello sul serbatoio in carico (livellostato L-031-1).
- sgancio del dispositivo di messa a terra dell'autobotte, rilevato dal microinterruttore Z-003.

si determina l'isolamento dei bracci snodati attraverso la chiusura delle valvole F-012, F-014 ed F-015 e l'arresto delle pompe travaso.

I quattro serbatoi formano due coppie, ognuna delle quali alimenta gli impianti di strippaggio di due unità.

E' possibile attraverso le pompe di caricamento spostare la soluzione da ciascun serbatoio agli altri.

In caso di intervento del livellostato di basso livello (L-031-2) sul serbatoio predisposto per l'alimentazione degli impianti di strippaggio si attua automaticamente la chiusura della valvola di aspirazione e l'apertura di quella dell'altro serbatoio (F-031 A/B) e per bassissimo livello si arrestano le pompe di invio allo strippaggio.

Per ogni serbatoio sono previsti inoltre allarmi di alta/bassa pressione (P-044) e di alta temperatura (T-034).

Tutti gli sfiati dei serbatoi di stoccaggio e scarichi delle valvole di sicurezza installate nella zona di caricamento e stoccaggio sono convogliati, sotto battente di acqua industriale, nell'abbattitore statico.

STRIPPAGGIO

Generalità

Portata massima di ammoniaca gassosa prodotta	651 kg/h
Portata minima di ammoniaca gassosa prodotta	10,5 kg/h
Concentrazione di NH ₃ nella soluzione in ingresso	25% in peso
Concentrazione minima di NH ₃ nel gas al reattore	97% in peso
Concentrazione massima di NH ₃ nello spurgo di fondo colonna	15 ppm

Dall'area di stoccaggio la soluzione ammoniacale viene inviata, mediante una pompa per sezione ed una di riserva ad entrambe, all'impianto di strippaggio dove viene separata nei suoi componenti, acqua ed ammoniaca al 97%.

La soluzione ammoniacale prima di entrare nella colonna viene preriscaldata fino a 65 °C a spese del calore residuo contenuto nel fluido di scarico dal fondo colonna.

Nella parte inferiore della colonna è ubicato un distributore del vapore ausiliario necessario per lo strippaggio dell'ammoniaca.

Sulla tubazione di ingresso del vapore è installata una valvola di sicurezza per la protezione della colonna dalla sovrappressione.

Il fluido di scarico dal fondo colonna dopo aver ceduto parte del proprio calore alla soluzione in alimentazione viene ulteriormente sottoraffreddato in uno scambiatore a piastre (fluido di scambio acqua servizi) per evitare fenomeni di flash nel serbatoio di raccolta ed omogeneizzazione posto a valle.

Da tale serbatoio a mezzo di pompe può essere inviato all'ITAR o, se il contenuto di ammoniaca supera il valore di 15 ppm, all'ITAA.

Dalla testa della colonna viene estratta una miscela di ammoniaca - vapore che attraversa un condensatore dal quale esce ammoniaca quasi pura (97%); in un successivo separatore (demister) vengono eliminate le goccioline residue in modo da ottenere ammoniaca anidra gassosa.

Sulla linea di trasporto dell'ammoniaca gassosa è installato un serbatoio polmone, il cui scopo è quello di smorzare le fluttuazioni di portata dovute ai transitori della colonna di strippaggio.

L'ammoniaca gassosa viene miscelata con aria preriscaldata in un miscelatore in concentrazione tale (5%) da mantenersi al di sotto dei limiti di esplosività della miscela (16 - 25 % di ammoniaca in aria). La miscela è inviata nel reattore dove avviene l'intima unione con i fumi provenienti dal generatore di vapore e con questi raggiunge gli strati di catalizzatore. I fumi, dopo aver attraversato dall'alto verso il basso il reattore, raggiungono i Ljungstroem e le altre apparecchiature in linea fino al camino.

All'ingresso del reattore sono posizionati dei rettificatori di flusso con lo scopo di limitare l'azione erosiva da parte delle particelle contenute nei fumi.

Preparazione dell'ammoniaca gassosa (Figure 4, 5, 6 e 7)

Per ogni sezione è prevista una colonna di strippaggio (BV 501), una terza colonna (BV 507) è di riserva ad entrambe e la sua selezione esclude la marcia della colonna dedicata e ne impedisce l'utilizzo per l'altra sezione.

La soluzione ammoniacale attraversa lo scambiatore di calore BA 502 (BA 509 per la colonna di riserva) dove viene preriscaldato a spese del calore residuo della soluzione acquosa estratta dal fondo colonna in esercizio.

Il preriscaldamento a 65 °C è controllato dal regolatore T 012 che pilota la valvola a tre vie 012-X (T 043 e 043-X per la colonna di riserva).

L'ulteriore calore residuo e non utilizzato viene ceduto all'acqua servizi nello scambiatore a piastre BA 505 (BA 513 per la colonna di riserva).

Lo strippaggio dell'ammoniaca è realizzato in controcorrente con il vapore che sale dal fondo.

Dalla testa della colonna viene estratta la miscela di ammoniaca e vapore che attraversa un condensatore ad acqua servizi BA 514 ed il demister DH 503 (BA 515 e DH 508 per la colonna di riserva) in modo da ottenere ammoniaca gassosa quasi pura al 97% che viene raccolta nel serbatoio polmone BP 504 prima di essere inviata al processo di denitrificazione. Nel serbatoio polmone è previsto il controllo di eventuali condensazioni per mezzo del livellostato L 153.

Nella zona di fondo colonna è installato il sistema di distribuzione del vapore ausiliario necessario per lo strippaggio.

Dal fondo colonna viene estratta la soluzione esaurita con contenuto di ammoniaca inferiore a 15 ppm che dopo il raffreddamento è inviata al serbatoio omogeneizzante BL 510.

Per carichi inferiori al 60% è necessario ricircolare l'acqua di fondo colonna in modo da mantenere il carico idraulico della colonna nel campo di funzionamento normale.

La regolazione del ricircolo, con set al 60% della portata di progetto, viene svolta dal regolatore F 026 che pilota la valvola 026-X (F 054 e 054-X per la colonna di riserva).

Il set di richiesta di portata della soluzione ammoniacale è corretto dal segnale di pressione di testa della colonna P 016 (P 047 per la colonna di riserva).

Tale elaborazione funge da set ai regolatori di portata F 010-1/2 che pilotano le valvole di regolazione 010-X1/X2 (F 041-1/2 e 041-X1/X2 per la colonna di riserva) di immissione soluzione.

L'installazione del doppio trasmettitore di portata con campi diversi (0 - 18% il primo e 10 - 100% il secondo) si è resa necessaria per rendere più sensibile la misura anche alle basse portate cui può ridursi la richiesta di ammoniaca in soluzione.

Il punto di commutazione in aumento di portata è stato fissato al 17% della portata di progetto mentre in caso di diminuzione al 12%.

La stessa elaborazione funge da set anche al regolatore di portata vapore di strippaggio F 021 che pilota la valvola 021-X (F 049 e 049-X per la colonna di riserva), nel campo fra il 100% ed il 60% della portata di progetto al di sotto del quale la portata vapore resta costante.

In tali condizioni la portata di soluzione in ingresso alla colonna è data dalla somma della portata richiesta dal carico e della portata di ricircolo.

Se il consumo di NH₃ ai punti di iniezione diminuisce al di sotto del 60%, la portata di soluzione ammoniacale alimentata deve scendere (vapore di strippaggio costante), di conseguenza il livello di fondo colonna rilevato dal L 022 si abbassa e la valvola 022-X si porta in chiusura (L 050 e 050-X per la colonna di riserva).

Contemporaneamente la portata estratta dal fondo colonna scende sotto il 60% ed interviene il regolatore del ricircolo.

Si abbassa la concentrazione di ammoniaca gassosa prodotta e si ha un calo della pressione di testa della colonna. Il regolatore di pressione interviene aumentando il segnale inviato al set di portata della soluzione ammoniacale ed aumentando quest'ultima si ripristina la condizione di equilibrio della colonna.

La concentrazione costante al 97% di ammoniaca gassosa prodotta è garantita dal mantenimento della temperatura costante del gas in uscita (51 °C) e tale controllo è affidato al regolatore T 013 che pilota la valvola dell'acqua di raffreddamento 013-X (T 044 e 044-X per la colonna di riserva) che regola la portata attraverso il condensatore.

La costanza della pressione di testa della colonna e della temperatura del gas prodotto garantiscono la costanza del titolo del gas inviato ai reattori.

Nella parte bassa delle colonne di strippaggio è previsto un arrivo di azoto alimentato attraverso due riduttrici in cascata tarate a 2,5 e 0,05 barg.

Tale azoto viene inviato automaticamente durante le fasi di raffreddamento colonne per evitare che le stesse vadano sotto vuoto con pericoli di rientrate di aria.

Il liquido scaricato dal fondo colonna viene raccolto nel serbatoio omogeneizzante dal quale può essere scaricato all'ITAR o, se la concentrazione di ammoniaca supera i 15 ppm, all'ITAA.

La scelta dell'impianto verso il quale inviare le acque viene eseguita in base al segnale rilevato dall'analizzatore di ammoniaca A 067 installato sulla mandata delle pompe.

Tale serbatoio ha anche la funzione di guardia idraulica per gli scarichi sotto battente di tutte le valvole di sicurezza installate sull'impianto e per tale motivo il suo livello viene controllato dal regolatore L 062 che pilota la valvola FS-062-X.

Se il livello scende al di sotto del minimo stabilito si apre la valvola FS-068 di immissione di acqua industriale.

Invio dell'ammoniaca gassosa ai reattori (Figura 8).

La quantità di ammoniaca gassosa al 97%, prelevata dal polmone compensatore, è funzione del carico di caldaia e della concentrazione degli NOx in ingresso ed uscita dei reattori.

L'ammoniaca richiesta viene miscelata con aria per essere iniettata nei fumi al 5% in volume. La diluizione viene effettuata con aria ambiente prelevata da appositi ventilatori e preriscaldata a 130 °C a mezzo di vapore ausiliario nei riscaldatori BA 514 per evitare fenomeni di condensazione nella griglia di iniezione e sulle superfici dei catalizzatori.

La temperatura viene controllata dai regolatori T 156 che pilotano le valvole 156-X di alimentazione vapore ausiliario.

La portata dell'aria di diluizione, costante a tutti i carichi, è regolata in modo da ottenere la miscela NH₃ - aria al 5% al massimo carico del reattore cui corrisponde la massima portata di ammoniaca, per cui abbassandosi il carico tale concentrazione automaticamente diminuirà.

I misuratori di portata aria sulla mandata dei ventilatori per ciascun reattore, in caso di abbassamento di tale portata, intervengono prima avviando i ventilatori di riserva e se il problema persiste interrompendo il flusso di ammoniaca gassosa con la chiusura delle valvole 105-X di ammissione al miscelatore.

Durante le fermate, per evitare problemi di condensazione ed intasamenti delle griglie è previsto di lasciare in servizio i ventilatori di diluizione parzializzando la serranda motorizzata sulla mandata in modo da fluire con aria al 10% della portata nominale.

Per ogni reattore sono installati due ventilatori, uno di riserva, che hanno la funzione di prelevare una piccola portata di fumi in ingresso ed uscita del reattore stesso e scaricarli nel condotto a valle.

Sulle tubazioni di aspirazione dei ventilatori sono installati gli analizzatori di NOx ed O₂ necessari al controllo del funzionamento del reattore.

La misura della portata fumi in ingresso ai reattori ricavata partendo dalla misura di portata aria e la misura di concentrazione di NOx in ingresso ai reattori, vengono moltiplicate fra loro per ottenere la portata in peso degli ossidi di azoto.

Il segnale elaborato viene ulteriormente moltiplicato per il rapporto molare fra ammoniaca e ossido di azoto e per il valore di efficienza di denitrificazione richiesto e definisce la richiesta di ammoniaca, in soluzione e gassosa, dai reattori.

La richiesta così ottenuta funge da set point per i regolatori portata ammoniaca gassosa ai reattori F 104 -A/B, per i regolatori di portata della soluzione ammoniacale F 010-1/2 ed F 041-1/2 e per i regolatori di portata vapore di stripping F 021 ed F 049.

L'installazione del doppio trasmettitore di portata con campi diversi (0 - 18% il primo e 10 - 100% il secondo) si è resa necessaria per rendere più sensibile la misura anche alle basse portate cui può ridursi la richiesta di ammoniaca gassosa.

Il punto di commutazione in aumento di portata è stato fissato al 17% della portata di progetto mentre in caso di diminuzione al 12%.

Il segnale degli NOx ed O2 in uscita, elaborato, funge da feed-back alla regolazione della portata di ammoniaca gassosa inviata ai reattori.

L'iniezione della miscela NH3 - aria avviene per mezzo di una griglia, per reattore, composta da 20 tubi orizzontali e 14 verticali dotati in totale di 304 ugelli di distribuzione.

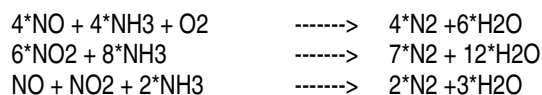
Con questa configurazione si ottiene un dosaggio corretto di ammoniaca nell'intera sezione di passaggio dei fumi, distribuendo la portata in rapporto stechiometrico con gli NOx.

Su ogni ramo del sistema di iniezione è installata una valvola manuale a otturatore profilato per meglio dosare il quantitativo di ammoniaca proporzionale al carico di NOx che passa nella sezione alimentata dal ramo stesso.

Il processo di riduzione degli NOx è un processo a secco nel quale l'ammoniaca è usata come riducente degli ossidi di azoto contenuti nei fumi i quali vengono decomposti in azoto molecolare ed acqua.

L'elemento principale del processo è il catalizzatore costituito da una piastra di acciaio inox di 1 mm di spessore interamente ricoperta da un impasto di biossido di titanio con l'aggiunta di sostanze attive quali ossido di molibdeno ed ossido di vanadio. Le piastre sono assiate a 6 mm di distanza una dall'altra in elementi modulari e disposte parallelamente al verso dei gas. Gli elementi modulari sono disposti in strati di 91 moduli cadauno (7 file di 13 moduli).

Le reazioni fondamentali sono le seguenti :



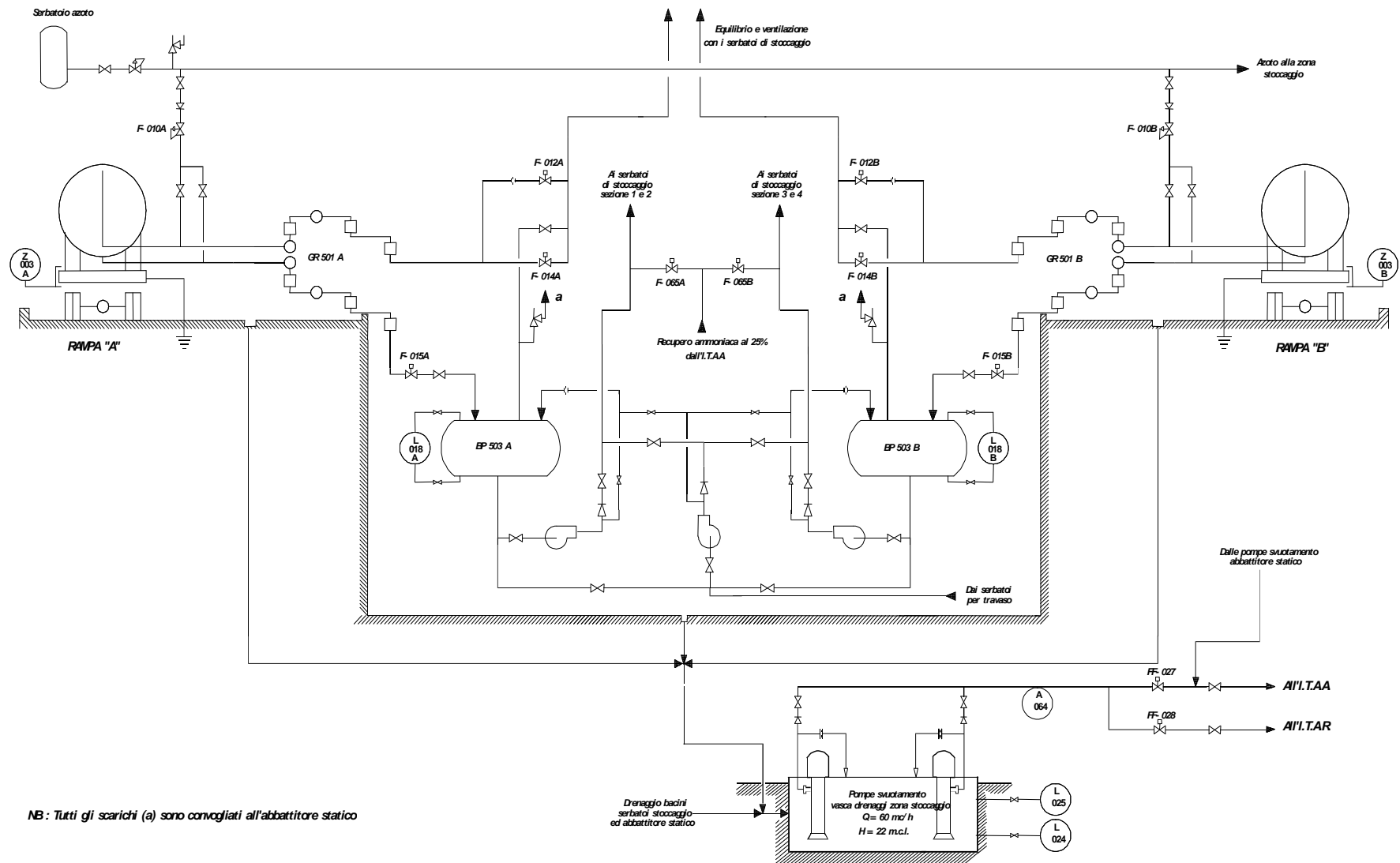
La presenza del catalizzatore favorisce le reazioni a temperature relativamente basse (300 - 400 °C) ed inoltre è selettivo nei confronti della riduzione degli ossidi di azoto, riducendo l'incidenza di reazioni secondarie indesiderate.

La temperatura minima di funzionamento è fissata in modo da evitare avvelenamenti al catalizzatore causato dalla condensazione di prodotti indesiderati. La misura delle temperature dei fumi in ingresso (ricavata da un reticolo di 9 termoelementi T 129 A/B) e in uscita (ricavata dalla misura tripla T 130 A/B) dai reattori hanno lo scopo di evitare le suddette condensazioni chiudendo le valvole di intercettazione ammoniaca gassosa 105A/B-X.

Dal reticolo di temperatura fumi in ingresso al reattore viene elaborato inoltre il segnale che pilota la serranda di by-pass dell'economizzatore per mantenere la temperatura alle condizioni ottimali.

I fumi, addizionati dell'ammoniaca stechiometrica, attraversano il rettificatore di flusso e successivamente gli strati di catalizzatori, portando a completamento la trasformazione degli NOx in azoto molecolare ed acqua.

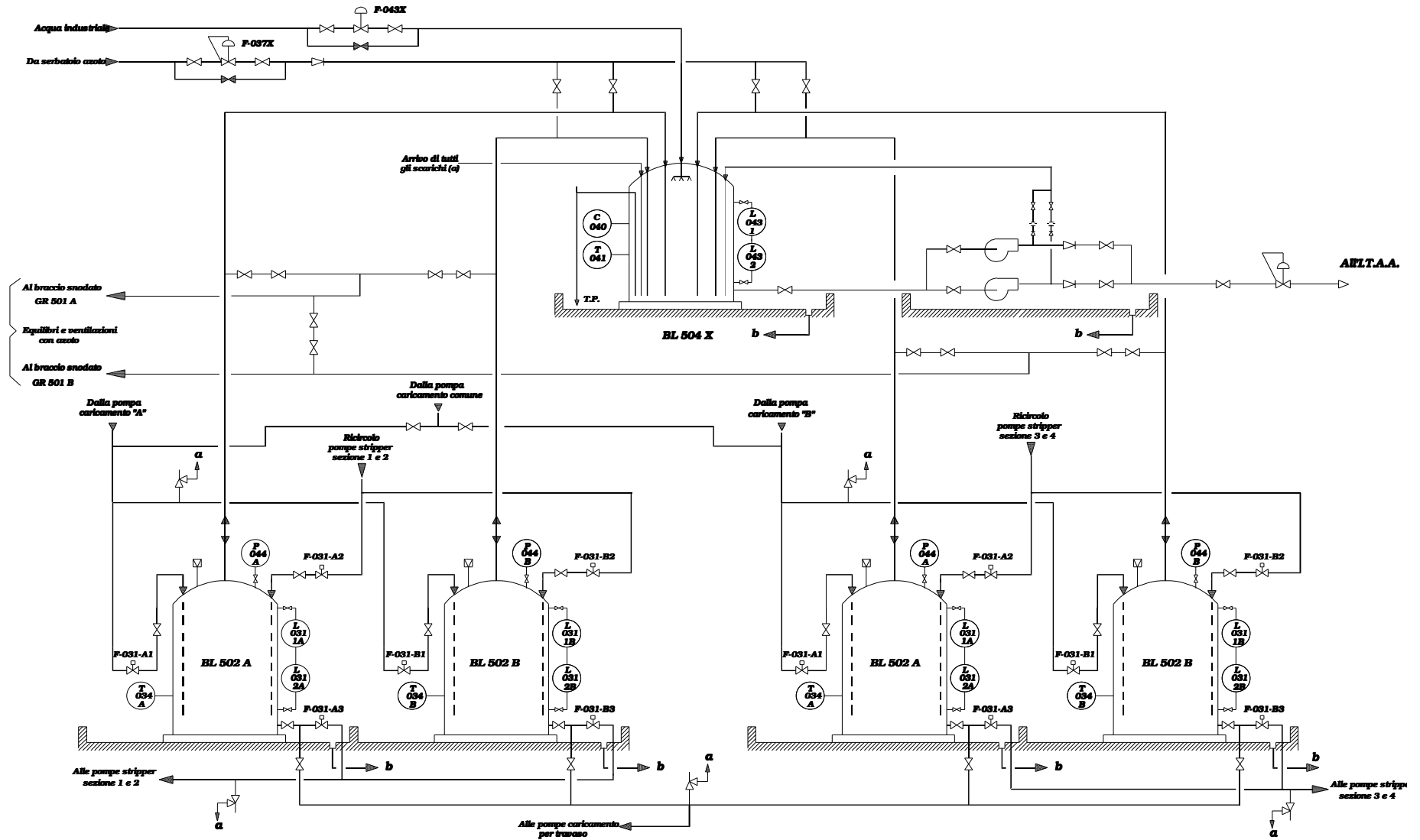
Tra ingresso ed uscita del reattore è installato un misuratore di deltap (PD 120-A/B) che da indicazione per eventuali soffiature supplementari.



SCHEMA SEMPLIFICATO SCARICO SOLUZIONE AMMONIACALE

FIGURA 1

USO PUBBLICO



SCHEMA SEMPLIFICATO STOCCAGGIO NH

FIGURA 2

USO PUBBLICO

SISTEMA ABBATTIMENTO FUGHE NH ₃
STAZIONE DI SCARICO E STOCCAGGIO

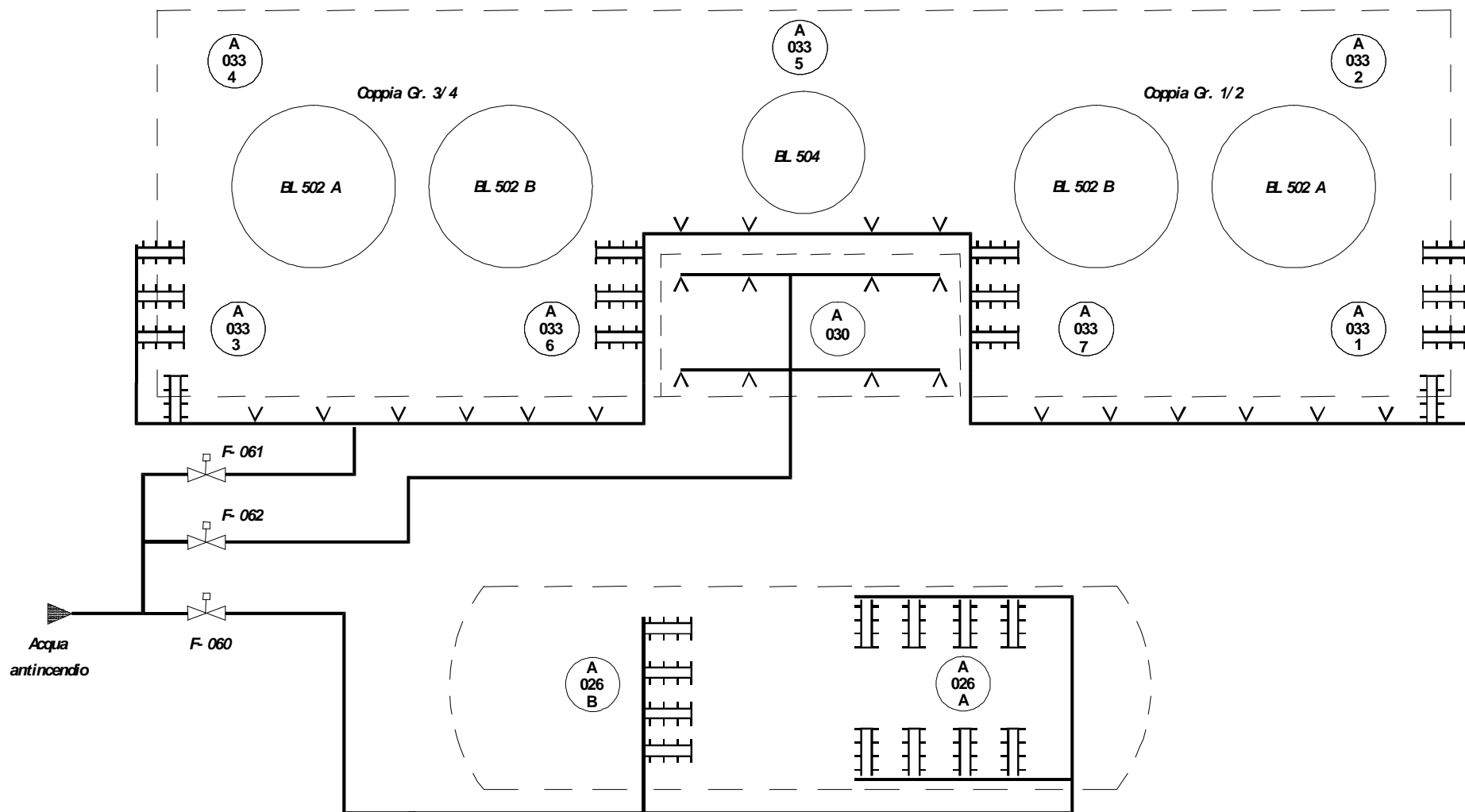


FIGURA 3
USO PUBBLICO

SCHEMA SEMPLIFICATO PROCESSO DI DENITRIFICAZIONE

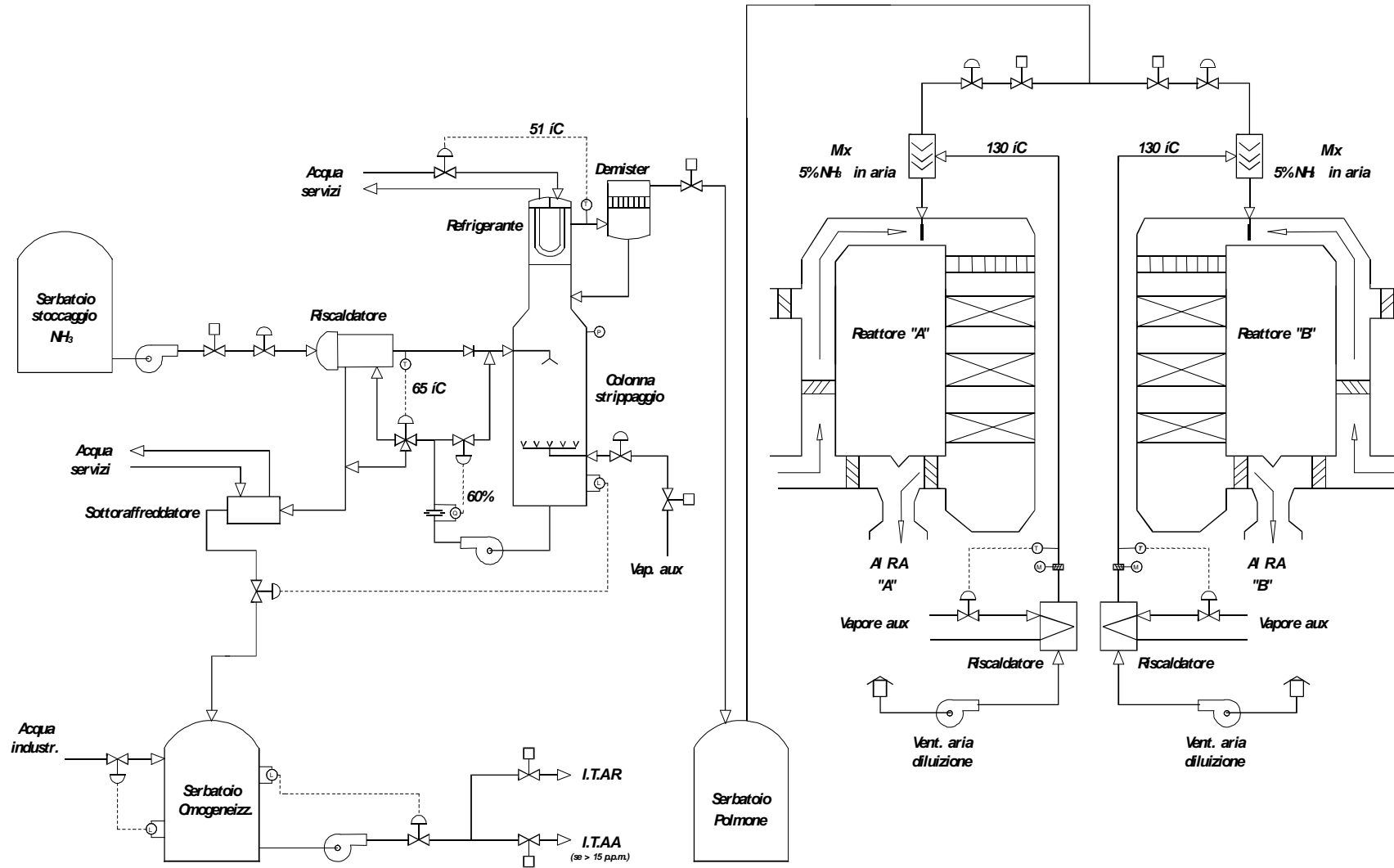
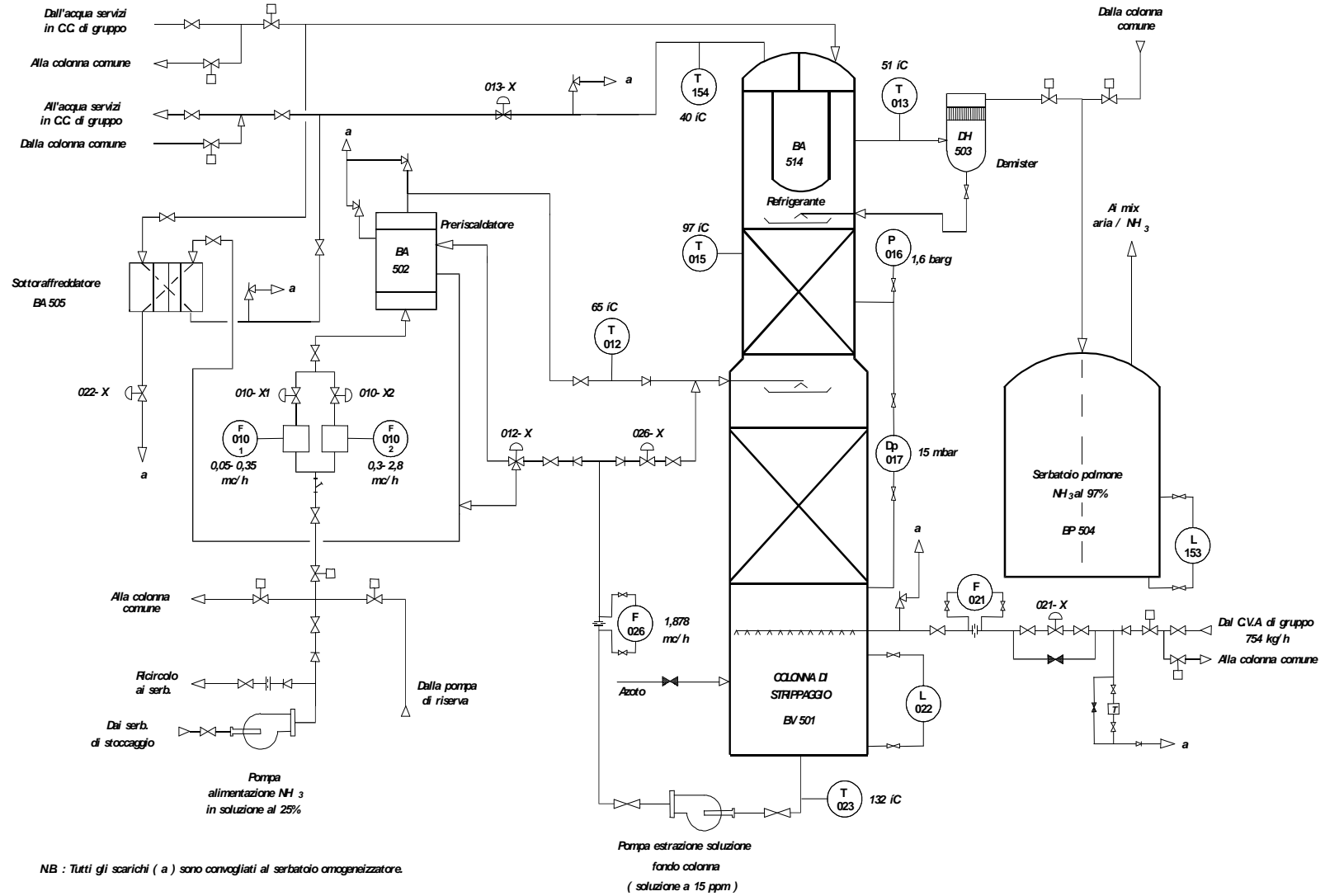


FIGURA 4

USO PUBBLICO

FLUOGRAMMA SEMPLIFICATO STRIPPAGGIO AMMONIACA DI GRUPPO



Pompa estrazione soluzione fondo colonna (soluzione a 15 ppm)
FIGURA 5

FLUOGRAMMA SEMPLIFICATO STRIPPAGGIO AMMONIACA COLONNA COMUNE GRUPPI 1 E 2

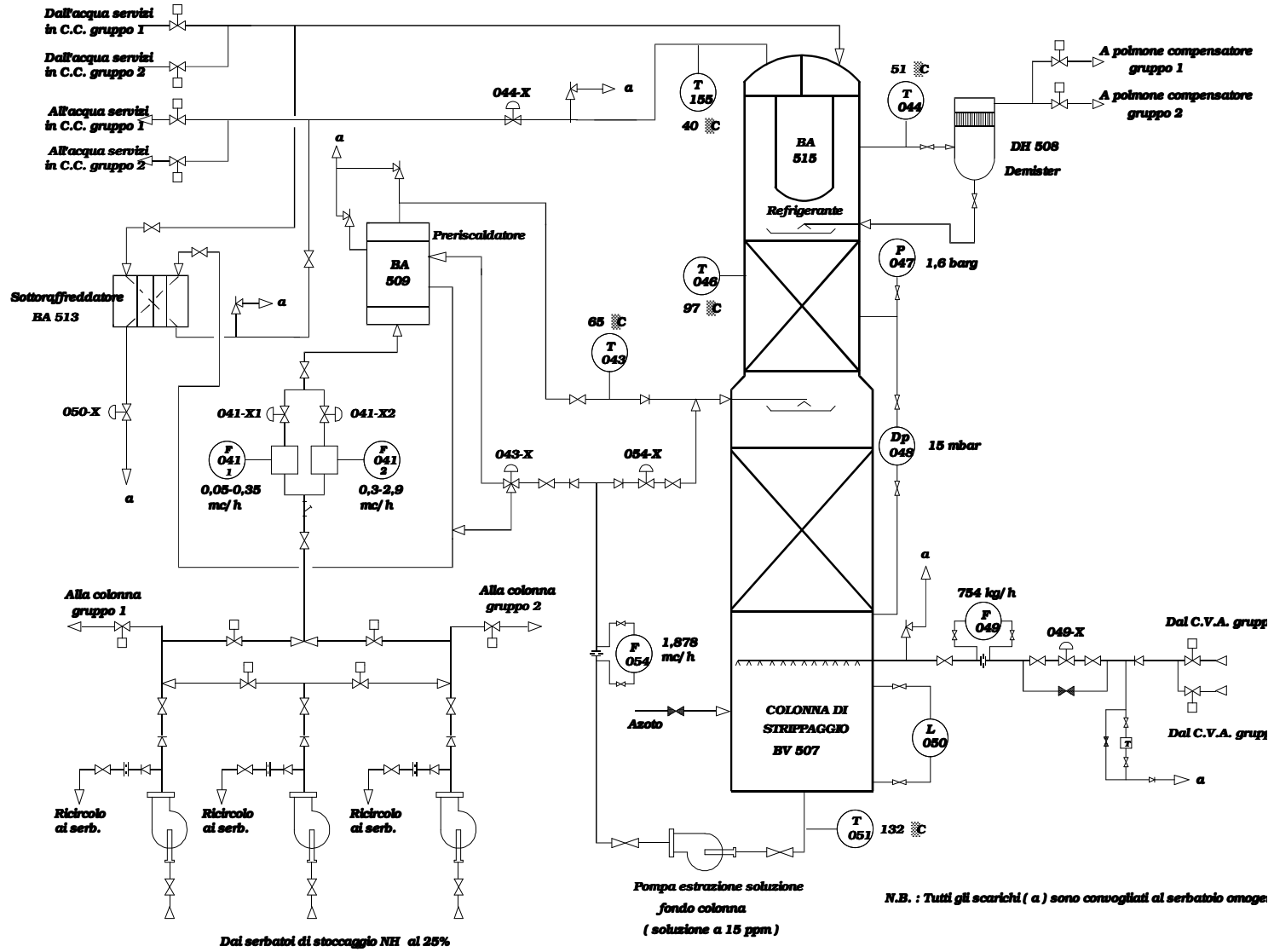


FIGURA 6

FLUOGRAMMA SEMPLIFICATO RACCOLTA ACQUE AMMONIACALI ZONA STRIPPAGGIO

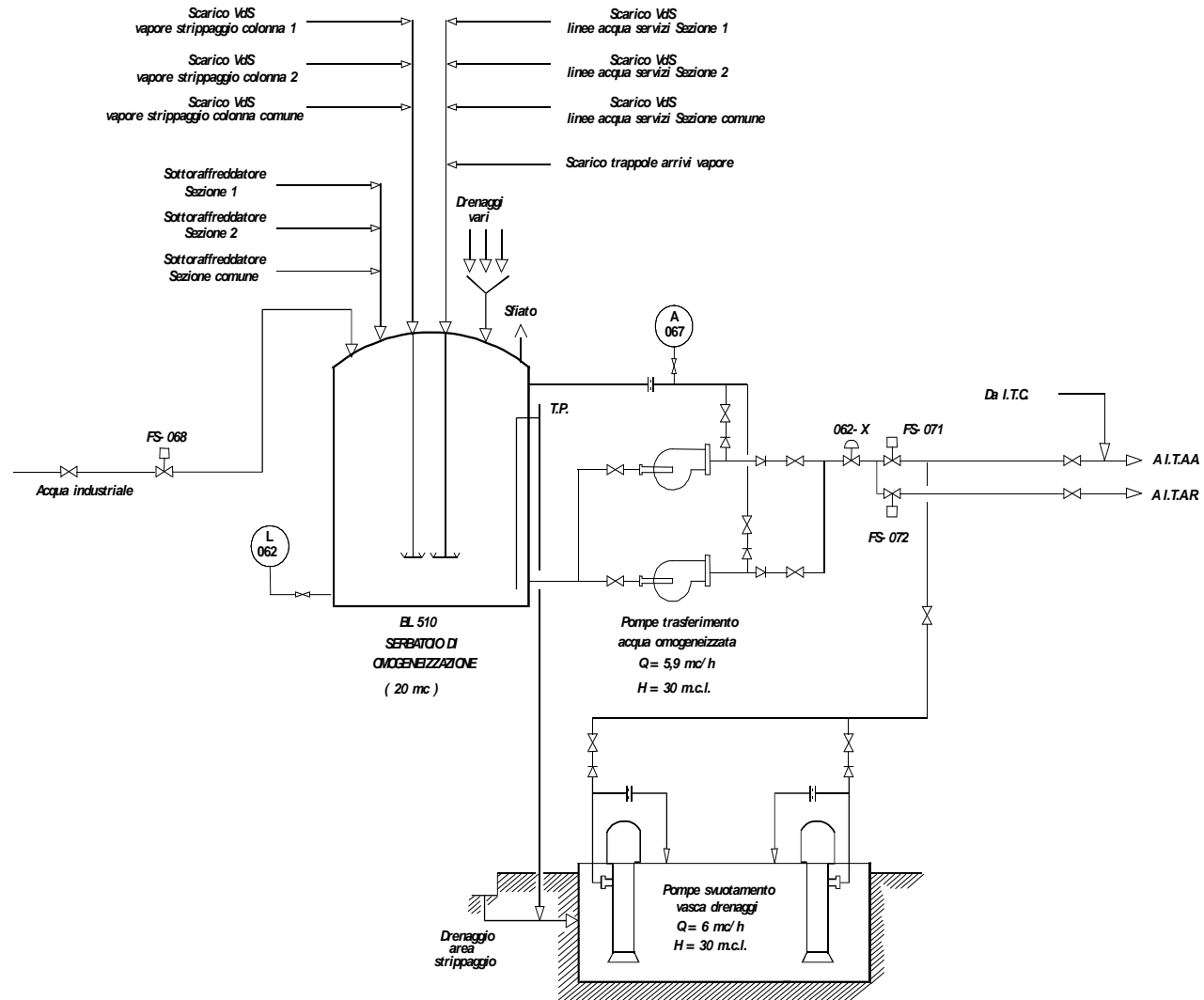


FIGURA 7

USO PUBBLICO

FLUOGRAMMA SEMPLIFICATO REATTORI CATALITICI

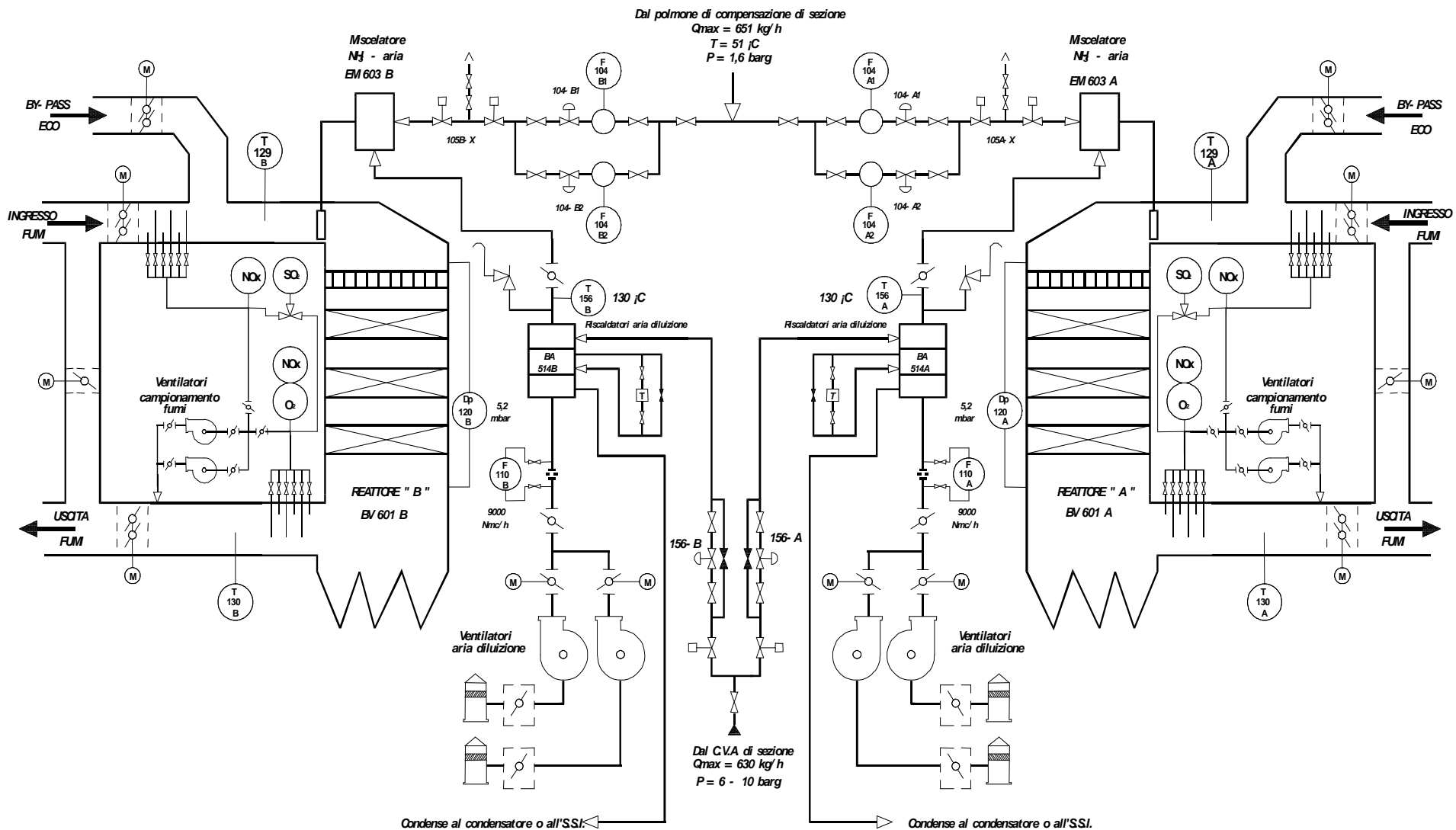


FIGURA 8

USO PUBBLICO