

INFORME: Informe Final

EMPRESA: Mecàniques Segalès, S.L.

TÍTOL: Resultats del mostreig estàndard de la planta NDN del Banús

DATA: 2017-2018

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries

Finca Camps i Armet S/N
17121 Monells
Tel. +34 902 789 449
irta@irta.cat, www.irta.cat

AVALUACIÓ DE L'EFICIÈNCIA DE TRACTAMENT D'UNA PLANTA DE NDN DE PROCESSAT DE PURINS

INFORME DE SEGUIMENT DE L'ACTIVITAT

Revisió: 1

Data: 01 / Juliol / 2018

ACTIVITAT DE RECERCA REALITZADA AMB:



Persona de contacte: [August Bonmatí](#)

AUTORS:

Els autors de l'estudi són:

August Bonmatí i Blasi (Dr. Enginyer Agrònom)

Carlota Tayà (Dra. Ciències Ambientals)

Laura Burgos (Ll. Ciències Ambientals)

Entitat: INSTITUT DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTÀRIES (IRTA)

CIF: Q-5855049-B

Adreça: Torre Marimón E-08140

Caldes de Montbui (Barcelona)

Tel/fax: 902 789 446

E-mail: august.bonmati@irta.cat

ÍNDEX DE CONTINGUTS

| | |
|---|-----------|
| 1. ANTECEDENTS..... | 6 |
| 2. INTRODUCCIÓ | 6 |
| 3. AVALUACIÓ DE L'EFICIÈNCIA DE TRACTAMENT DE NDN DEL BANÚS | 7 |
| 3.1. Descripció de la planta i el cicle del reactor NDN de la planta del Banús..... | 7 |
| 3.2. Dades recollides en els mostrejos de la planta NDN Del Banús | 8 |
| 3.3. Resultats de la planta NDN Del Banús | 10 |
| 3.3.1 Resultats de les mostres del sistema de la planta NDN del Banús..... | 10 |
| 3.3.2 Caracterització del reactor SBR de la planta NDN del Banús..... | 14 |
| 3.3.3 Resultats de les emissions en el reactor de la planta NDN del Banús..... | 16 |
| 3.3.4 Caracterització activitat microbiana del reactor NDN..... | 17 |
| 3.3.5 Resultats dels balanços de matèria..... | 19 |
| 3.3.6 Estimació de les eficiències de la Planta del Banús segons els balanços de matèria..... | 22 |
| 4. CONCLUSIONS | 25 |

1. ANTECEDENTS

Mecàniques Segalés SL ha desenvolupant un sistema de tractament de purins de Nitrificació/Desnitrificació (NDN), i és la seva voluntat avaluar l'eficiència de tractament de la planta que té instal·lada a la granja del Banús (Tavèrnoles, Osona).

L'objectiu del present estudi és la determinació de l'eficiència de tractament, amb especial èmfasi en el nitrogen, d'una planta NDN que processa purins. Es realitzaran un total de 4 mostrejos, un per cada estació de l'any, per veure la influència de la temperatura ambient en el procés. Es realitzaran dos tipus de mostreig, el que s'anomena mostreig estàndard foto de procés i el mostreig intensiu del reactor NDN.

En aquest informe es recullen els resultats dels quatre mostrejos realitzats des de juliol de 2017 fins a maig de 2018.

2. INTRODUCCIÓ

Com s'ha descrit en els diferents informes presentant anteriorment, la nitrificació-desnitrificació (NDN) és un procés on intervenen dos grups de bacteris, els nitrificants i els desnitrificants. Cada grup de bacteris requereix unes condicions determinades i diferenciades. Quan aquest procés es realitza en un reactor seqüencial per càrregues (SBR de l'anglès Sequencing Batch Reactor), les fases es van alterant entre períodes d'aireació i períodes de no aireació per poder eliminar del sistema el nitrogen inicial en forma de nitrogen gas (N_2) (Taula 1).

La nitrificació és dur a terme per bacteris nitrificants en condicions aeròbies utilitzant l'oxigen present com a acceptor d'electrons. Aquest procés té nombroses restriccions, una de les més importants és la temperatura, on la bibliografia descriu que per sota de $15^{\circ}C$ no hi ha activitat biològica. A més a més, l'activitat dels bacteris implicats en aquest procés es veu inhibida per l'amoniac lliure, l'àcid nítrós i també la concentració de bicarbonat que hi ha en el licor mescla.

Taula 1. Relació dels conceptes més importants per sistemes NDN

| Etapa | Acceptador d'electrons | Condicions | Procés |
|--------------|------------------------|------------|-----------------|
| Airejades | O_2 | Aeròbia | Nitrificació |
| No Airejades | NO_x^- | Anòxiques | Desnitrificació |

Per altra banda, en condicions no airejades es porta a terme la desnitrificació pels bacteris encarregats d'aquest procés. En la desnitrificació no hi ha oxigen dissolt en el licor mescla, i els acceptors d'electrons són les diferents formes oxidades (principalment nitrats i nitrats) que s'han format en l'etapa de nitrificació anterior. Una de les limitacions del procés de desnitrificació és la disponibilitat de matèria orgànica fàcilment biodegradable que en les condicions aeròbies anteriors és oxidada disminuint aquesta disponibilitat per als bacteris desnitrificants.

Finalment, cal destacar que durant el procés de NDN es poden emetre diversos compostos de nitrogen degut a l'aireació com són NH_3 , N_2O i NO . Aquest fet és important quan s'analitza un sistema de NDN ja que aquests gasos contribueixen a l'efecte hivernacle i a més, moltes vegades s'interpreta aquesta pèrdua de nitrogen com a emissions de nitrogen gas (N_2), quan realment no és així.

3. AVALUACIÓ DE L'EFICIÈNCIA DE TRACTAMENT NDN DE L'EXPLOTACIÓ RAMADERA DEL BANÚS

3.1. Descripció de la planta i del cicle del reactor NDN

La planta de tractament de purins de porc que s'ha avaluat es troba situada a l'explotació ramadera del Banús (Tavèrnoles, Osona). El diagrama de flux i els punts de mostreig s'indiquen a la Figura 1.

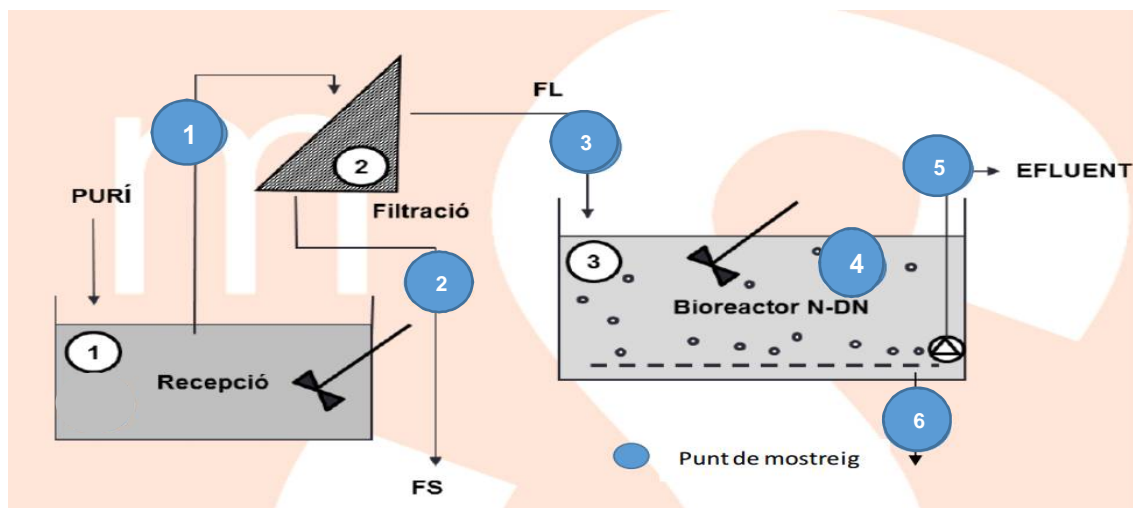


Figura 1. Diagrama de flux de la planta NDN els punts de mostreig.

El purí de porc arriba a una bassa de recepció i homogeneïtzació. Aquest passa per un separador Sòlid-Líquid que consta de un tamís estàtic i una premsa cargol de la marca Segalés. La fracció líquida (FL) del purí passa al reactor NDN i la fracció sòlida (FS) a l'emmagatzematge de sòlids. En el reactor NDN és on es produeix l'eliminació del nitrogen mitjançant el procés de nitrificació i desnitrificació del purí. El cicle té una durada de 12 hores amb dues alimentacions al dia durant l'estiu, i de 6h durant l'hivern. El separador es posa en marxa durant 15 minuts i la FL entra al reactor directament; comença la etapa aeròbia amb aireació submergida (nitrificació) durant 2 hores i després 1 hora d'etapa de no aireació (desnitrificació) sense agitació els 45 primers minuts. Aquestes alternances d'etapes amb i sense aireació es repeteixen fins a arribar a les 12 hores de cicle a l'estiu o les 6 hores durant l'hivern. Tot seguit es realitza una sedimentació amb un posterior buidat que es dirigeix a la bassa final. La purga de fangs la realitzen segons la V30, amb una periodicitat aproximada d'entre 1-2 setmanes. La purga es junta amb el purí tractat i es gestiona conjuntament.

3.2. Dades recollides en els mostrejos de la planta NDN

Els mostrejos de la planta del Banús s'han realitzat el 3/07/2017, 2/11/2017, 15/02/2018 i 22/05/2018. En tots els mostrejos s'han recollit 6 mostres de tot el sistema de tractament per realitzar el seguiment estàndard de la planta. En el cas dels dos mostrejos intensius del reactor NDN s'han mostrejat 4 mostres (2 en etapa aeròbia i 2 en etapa anòxica). Les mostres recollides del sistema complet es resumeix en la Taula 2. També es va fer la lectura dels cabalímetres totalitzadors que hi ha a la planta; les lectures realitzades al llarg dels 4 mostrejos es resumeixen a la Taula 3, juntament amb el consum elèctric. A més a més de les mostres físico-químiques i d'emissions del reactor també es van recollir i realitzar mostres biològiques per tal de determinar l'activitat microbiana dins del reactor durant les diferents etapes de reacció del reactor NDN.

Taula 2. Mostres agafades a la planta del Banús i descripció del punt de mostreig.

| Nº | Nom mostra | Descripció lloc mostrejat |
|----|--------------------|--|
| 1 | P Purí | A l'entrada del separador |
| 2 | FS Fracció sòlida | Sortida del separador |
| 3 | FL Fracció líquida | Canonada entrada al reactor |
| 4 | LM Licor mescla | Superfície bassa reactor (4 mostres en diferents etapes del cicle) |
| 5 | E Efluent | Canonada sortida reactor cap a bassa final |
| 6 | Fg Purga de fangs | Purga dels fangs en excés |

Taula 3. Lectures dels cabalímetres i consum elèctric de la planta del Banús recollides durant els 4 mostrejos realitzats.

| VTn | Lectura | | | | Descripció lloc cabalímetre |
|--------------------|------------|------------|----------|----------|---|
| | 03/07/2017 | 02/11/2017 | 15/02/18 | 23/05/18 | |
| VT1 | 63,06 | 2897,16 | 4792 | 6024,29 | m ³ Volum total entrada a la planta. A la sortida bassa recepció. Cabalímetre situat a la plataforma del separador |
| VT2 | 140,28 | 2511,469 | 4269,39 | 5399,17 | m ³ Volum total de sortida del reactor. Cabalímetre situat a l'entrada de la bassa final. |
| VT3 | 37,5 | 265,1766 | 300,306 | 344,021 | m ³ Volum total de la purga de fangs. |
| Comptador elèctric | 3184 | 11943,8 | 18989 | 33454,7 | kW |

Amb els resultats recollits a la planta pel que fa el consum elèctric i els cabals dels diferents corrents, s'ha calculat la mitja del consum energètic per m³ de purí tracta al llarg del període analitzat que resulta en **6,23 kW/m³**.

3.3. Resultats de la planta NDN

3.3.1 Resultats de les mostres del sistema de la planta NDN

En la Taula 4, es presenta de forma resumida els resultats dels diferents mostres recollits durant els 4 mostrejos realitzats del sistema de tractament del Banús.

De la mostra del purí d'entrada analitzada al llarg de les 4 campanyes es pot observar que hi ha força diferències en alguns dels paràmetres analitzats. Referent a la concentració de sòlids totals la variació de les mostres va des d'un 1,37% a 2,48% mentre que la concentració de sòlids volàtils varia de 0,86% a 1,59%. Pel que fa a la DQO la concentració del purí també varia significativament al llarg de l'any amb valors durant la tardor de 25.976 mg DQO/kg i que es redueixen fins a la meitat a l'hivern, arribant a valors mínims de 12.057 mg DQO/kg. Un comportament similar succeeix amb les espècies nitrogenades. Durant la campanya de tardor es van assolir concentracions de 2.082 mg NTK/L mentre que la concentració més baixa, a l'hivern, baixa fins a 1.538 mg NTK/L. El nitrogen amoniacal també mostra un comportament similar, amb concentracions més altes durant la tardor, 1.510 mg N-NH₄/L, i amb concentracions més baixes a l'hivern, assolint valors de 899 mg N-NH₄/L. Cal destacar que en aquest corrent s'han anat detectant presència de nitrats en les mostres recollides, encara que no gaire significatives exceptuant els 10 mg N-NO₃/L del mostreig de tardor, fet que podria fer pensar que hi ha podria haver nitrificació en la bassa d'homogeneïtzació inicial.

Si s'observen els resultats de la fracció líquida procedent de la separació del purí d'entrada es pot comprovar com el comportament d'alguns paràmetres és similar al de la mostra de purí inicial. Pel que fa als sòlids totals la diferència respecte al purí d'entrada es força similar al llarg dels 4 mostrejos i el mateix es pot observar en la concentració de sòlids volàtils. En les concentracions de DQO en el corrent de la fracció líquida es pot veure una clara disminució, reduint la DQO entre 6000 i 4000 mg/L respecte al purí d'entrada. El comportament del nitrogen total, i en conseqüència l'amoni, no segueix la tendència de la DQO, ja que la disminució d'aquestes espècies en el si del líquid és molt poc significativa, demostrant que la majoria dels compostos nitrogenats es troben dissolts. Observant alguns resultats del nitrogen total Kjeldhal aquest es veu incrementat en la fracció líquida respecte el purí d'entrada, i això es pot explicar per la manca d'homogeneïtzació del purí d'entrada. A més a més, també es troben en aquest corrent de sortida del separador, alguns nitrats, arribant a 15 mg N/L a l'hivern, fet que

fa pensar que al llarg del sistema hi ha una petita nitrificació de l'amoni present al purí inicial.

Pel que fa a l'efluent del reactor NDN hi ha un augment en la concentració de sòlids totals i volàtils per l'arrossegament d'aquests en el corrent de sortida. La DQO tampoc disminueix significativament i es podria dir que roman constant respecte la fracció líquida que entra al reactor movent-se amb valors de 11.151 mg /DQO/kg durant la tardor, i 8.259 mg DQO/kg durant l'hivern. Els compostos nitrogenats, en la sortida del reactor, si que mostren una clara diferència respecte a l'entrada. El nitrogen Total Kjeldhal varia entre 713 mg N/L a l'estiu, fins als 440 mg N/L durant l'hivern, mentre que el nitrogen present en forma d'amoni es mou en valors de 250 mg N/L a l'estiu i la tardor, i disminueixen fins al voltant de 44 mg N/L a l'hivern i a la primavera. Només en l'efluent de la campanya d'hivern es detecten nitrits i nitrats a la sortida del reactor, amb valors de 1 i 13 mg N/L, respectivament.

Taula 4. Resultats físico-químics de les mostres recollides en la planta de tractament de purins del Banús.

| Mostra | Data | pH | CE | ST | SV | DQO | NTK | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-NO ₂ | K ⁺ | Ptotal |
|--------------------|------------|------|-------|------|------|--------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------|
| | | - | mS | % | % | mg/kg | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Purí NDN Del Banús | 03/07/2017 | 7,24 | 13,58 | 1,57 | 0,98 | 17.103 | 1.718 | 1.273 | 4,35 | 0,00 | 929 | 262 |
| | 02/11/2017 | 7,90 | 12,14 | 2,48 | 1,59 | 25.976 | 2.082 | 1.510 | 3,16 | 0,00 | 1.165 | 364 |
| | 15/02/2018 | 7,74 | 14,06 | 1,37 | 0,86 | 12.057 | 1.538 | 899 | 10,00 | 0,00 | 902 | 105 |
| | 22/05/2018 | 7,58 | 12,37 | 1,68 | 1,02 | 21.953 | 1.755 | 1.346 | 0,00 | 0,00 | 845 | 518 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------|------|------|-------|-------|---------|-------|-------|------|------|-----|-------|
| FS NDN Del Banús | 03/07/2017 | 8,46 | 1,60 | 31,83 | 26,95 | 374.641 | 7.190 | 2.282 | 2,88 | 0,00 | 747 | 1.620 |
| | 02/11/2017 | 8,25 | 2,27 | 29,48 | 25,07 | 482.043 | 8.241 | 2.486 | 0,00 | 0,00 | 776 | 1.582 |
| | 15/02/2018 | 8,35 | 2,36 | 30,53 | 27,23 | 324.497 | 5.354 | 1.957 | 4,00 | 5,00 | 809 | 806 |
| | 22/05/2018 | 7,99 | 2,01 | 25,75 | 22,27 | 472.916 | 7.200 | 2.192 | 0,00 | 0,00 | 647 | 3.513 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|------|-------|------|------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-----|
| FL Separador Del Banús | 03/07/2017 | 7,35 | 14,18 | 1,32 | 0,77 | 13.067 | 1.631 | 1.245 | 3,98 | 0,00 | 935 | 222 |
| | 02/11/2017 | 7,89 | 12,27 | 1,74 | 0,86 | 18.663 | 1.939 | 1.468 | 4,29 | 0,00 | 1.180 | 335 |
| | 15/02/2018 | 7,50 | 14,05 | 1,13 | 0,68 | 9.347 | 1.545 | 1.244 | 15,00 | 0,00 | 865 | 106 |
| | 22/05/2018 | 7,67 | 12,58 | 1,39 | 0,81 | 15.417 | 1.716 | 1.341 | 0,00 | 0,00 | 903 | 442 |

| Mostra | Data | pH | CE | SST | SSV | DQO | NTK | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-NO ₂ | K ⁺ | Ptotal |
|------------------------------------|------------|------|------|------|------|--------|------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------|
| | | - | mS | % | % | mg/kg | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Licor Mescla Reactor NDN Del Banús | 03/07/2017 | 7,71 | - | 1,03 | 0,59 | 9.872 | 607 | 230 | 0,00 | 0,00 | - | - |
| | 02/11/2017 | 8,11 | 5,80 | 1,47 | 0,75 | 11.365 | 764 | 297 | 0,00 | 0,00 | 1.072 | 259 |
| | 15/02/2018 | 7,73 | - | 1,00 | 0,67 | 8.118 | 497 | 43 | 0,00 | 13,00 | - | - |
| | 22/05/2018 | 7,44 | 5,40 | 1,32 | 0,72 | 11.519 | 508 | 63 | 0,00 | 0,00 | 897 | 503 |

| Mostra | Data | pH - | CE mS | ST % | SV % | DQO mg/kg | NTK mg/L | N-NH ₄ mg/L | N-NO ₃ mg/L | N-NO ₂ mg/L | K ⁺ mg/L | Ptotal mg/L |
|-------------------------------|------------|---------|----------|---------|---------|--------------|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------|
| Efluent reactor NDN Del Banús | 03/07/2017 | 7,75 | 20,10 | 1,45 | 0,70 | 9.401 | 650 | 232 | 0,00 | 0,00 | 1.072 | 252 |
| | 02/11/2017 | 8,06 | 5,72 | 1,43 | 0,75 | 11.151 | 713 | 276 | 0,00 | 0,00 | 1.117 | 264 |
| | 15/02/2018 | 7,63 | 5,49 | 1,31 | 0,65 | 8.259 | 440 | 45 | 13,00 | 1,00 | 1.028 | 232 |
| | 22/05/2018 | 7,44 | 5,24 | 1,29 | 0,69 | 10.965 | 452 | 43 | 0,00 | 0,00 | 922 | 521 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|------|------|------|------|--------|-------|-----|------|------|-------|-----|
| Purga NDN Del Banús | 03/07/2017 | 7,72 | 5,14 | 2,28 | 1,24 | 14.951 | 1.070 | 300 | 0,00 | 0,00 | 1.029 | 143 |
| | 02/11/2017 | - | 5,92 | 1,44 | 0,44 | 15.134 | 797 | 297 | 0,00 | 0,00 | - | - |
| | 15/02/2018 | 7,68 | 4,56 | 1,46 | 0,82 | 12.941 | 554 | 70 | 0,00 | 0,00 | 862 | 336 |
| | 22/05/2018 | 7,63 | 4,46 | 1,86 | 0,97 | 12.206 | 72 | 40 | 0,00 | 0,00 | - | - |

3.3.2 Caracterització del reactor SBR de la planta NDN Del Banús

Els resultats analítics del seguiment dels reactors dels dos mostrejos intensius realitzats a la planta del Banús durant l'estiu (Figura 2) i l'hivern (Figura 3) es mostren a continuació.

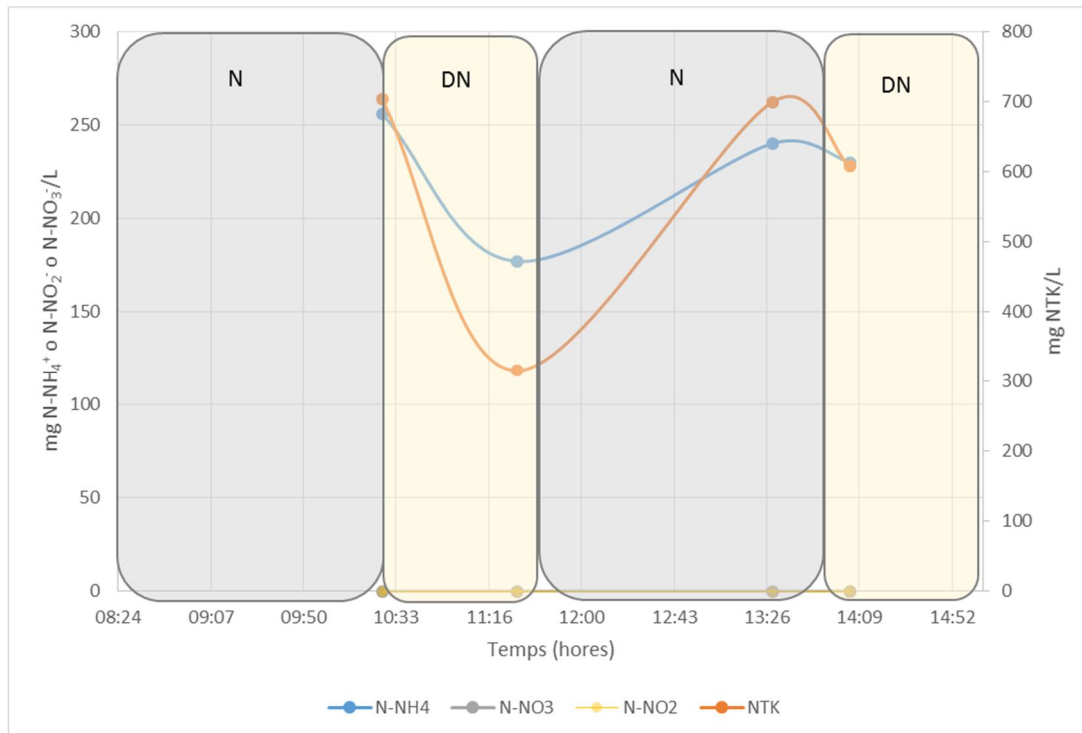


Figura 2. L'evolució de les formes nitrogenades durant les fases del reactor SBR de la planta del Banús al mostreig de Juliol de 2017.

A la Figura 2 i Figura 3 s'ha representat gràficament l'evolució de les diferents formes nitrogenades analitzades (NTK, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻). Si ens centrem en l'evolució del nitrogen amoniacal de Juliol de 2017 (Figura 2), aquest mostra un lleuger decrement durant les etapes de desnitrificació (DN) i un lleuger increment en les etapes de nitrificació (N), pel contrari en un procés habitual s'hauria d'observar com aquest paràmetre disminueix durant les dues estepes airejades de nitrificació (N), per la oxidació d'aquestes espècies cap a nitrits i nitrats, i hauria de romandre pràcticament constant durant les etapes de desnitrificació (DN).

Així mateix, durant l'etapa airejada de nitrificació s'hauria d'observar un increment de N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, i durant les etapes no airejades de desnitrificació un decrement d'aquestes formes nitrogenades. Tal com es pot veure a la Figura 2 no es detecten en cap de les

mostres que s'han agafat. Per últim tal com es pot veure el NTK aparentment disminueix molt durant les etapes de desnitrificació, per tornar a un valor similar durant l'etapa de nitrificació. Tal com s'ha comentat anteriorment això és degut probablement a l'absència d'agitació durant l'etapa de desnitrificació i la decantació natural que es produeix en el reactor.

L'evolució de les formes nitrogenades molt diferent del que és habitual en reactors NDN, es poden explicar a partir de la hipòtesi d'una possible nitrificació – desnitrificació simultània en les etapes airejades. L'alta concentració de sòlids, i/o una agitació no del tot homogènia fa que sigui possible la coexistència d'ambients aerobis i anòxics durant aquesta etapa i per tant que el procés de nitrificació i desnitrificació succeeixi de manera simultània i no s'arribin a detectar aquestes espècies nitrogenades (nitrits i nitrats). Així mateix, la no representativitat de les mostres durant l'etapa no airejada pot explicar en part la concentració variable del NTK i el N-NH_4^+ .

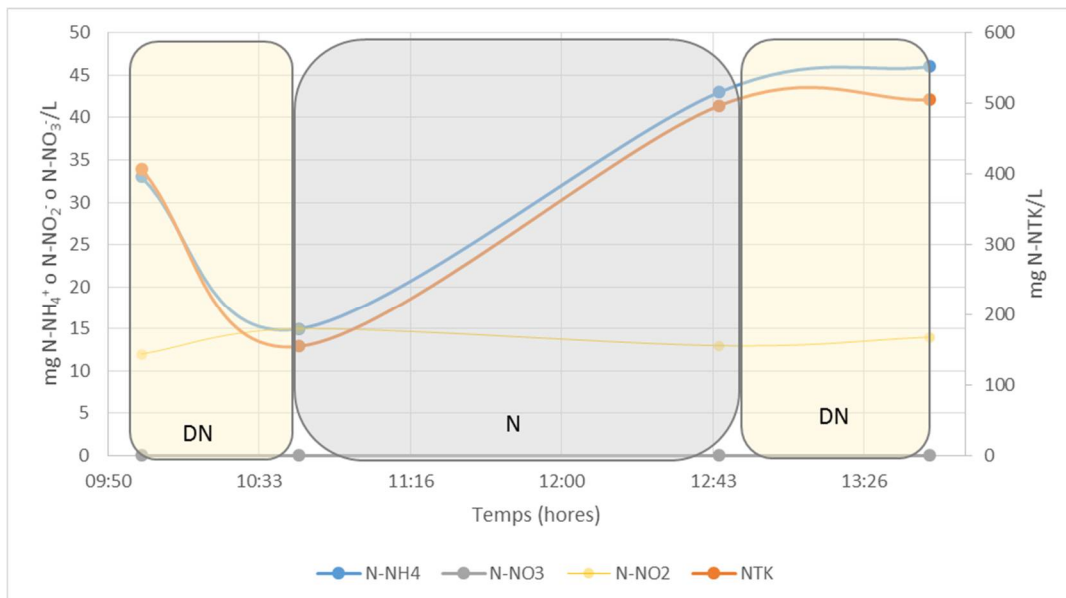


Figura 3. L'evolució de les formes nitrogenades durant les fases del reactor SBR de la planta del Banús al mostreig de Febrer de 2018.

De la mateixa manera que en el mostreig intensiu de juliol, al febrer de 2018 (Figura 3) també es va realitzar un seguiment del reactor a partir de la recollida de 4 mostres del licor mescla.

En aquest mostreig però una dada important a remarcar és la temperatura del reactor que estava a 11,4°C.

En aquest seguiment es pot veure que durant tot el cicle, no s'observa la presència de nitrats ni nitrats. D'altra banda la concentració el Nitrogen total Kjeldahl mostra una tendència lleugerament descendent, encara que amb un repunt al final de l'etapa de no aireació, fet que fa pensar en que hi ha una eliminació de nitrogen en el reactor i que aquest repunt pot ser donat per una manca d'homogeneïtzació. L'evolució de l'amoni durant l'etapa anòxica roman constant, mentre que en l'etapa aeròbica hi ha un descens per l'oxidació d'aquesta espècie en presència d'O₂.

3.3.3 Resultats de les emissions en el reactor de la planta NDN

En la Taula 5 es presenten els resultats de les emissions recollides durant l'operació del reactor en els mostrejos intensius de la campanya d'estiu (02/07/2017) i d'hivern (15/02/2018), tal com es va acordar en la proposta del projecte.

Taula 5. Emissions gasoses del reactor NDN del Banús

| | Gasos | Unitats | 03/07/2017 | 15/02/2018 |
|------------------|-----------------------|---------------|------------|------------|
| Emissions | CH₄ | kg/dia | 10,97 | 0,00 |
| | CO₂ | | 360,26 | 3,83 |
| | N₂O | | 1,91 | 0,00 |
| | NH₃ | | 0,12 | 0,04 |

Tal com es pot veure a la Taula 5 les emissions mesurades són molt diferents entre campanyes. Pel que fa el metà el rang d'emissions es mou entre 10,97 kg/dia durant l'estiu, i 0 kg/dia en la campanya de mostrejos de l'hivern, resultats significatius durant l'estiu que fa pensar que hi ha zones anaeròbies on part de la DQO present és degradada cap a metà. En canvi si s'observen les emissions de CO₂ es pot comprovar que durant la campanya d'estiu les emissions d'aquesta gas arriba a valors de 360,26 kg/dia mentre que durant l'hivern aquesta emissió és molt més reduïda amb valors que arriben als 3,83 kg/dia. Per les emissions d'òxid nitrós els resultats trobats són baixos, assolint un màxim durant l'estiu, arribant a valors de 1,91 kg/dia i sent menyspreables durant l'hivern. D'altra banda els resultats de les emissions d'amoníac present al reactor són molt baixos, tant en la campanya d'estiu com en la d'hivern, amb valors que van dels 0,12 kg/dia a 0,04 kg/dia, indicant que l'eliminació de nitrogen en el reactor no és a través de l'stripping de l'amoni present.

3.3.4 Caracterització activitat microbiana del reactor NDN

Durant les diferents etapes d'operació del reactor en els mostrejos intensius, estiu i hivern, es van prendre mostres microbiològiques per tal d'estudiar les comunitats bacterianes encarregades d'eliminar el nitrogen i la matèria orgànica del sistema i l'activitat de les mateixes.

A partir dels extractes d'ADN i ARN (ADNc) es va caracteritzar la població total present i activa en el reactor NDN. Es va quantificar la població total de bacteris mitjançant el gen universal 16S rRNA; les poblacions amonio-oxidants encarregades de l'oxidació d'amoni a nitrit ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$), a partir de la quantificació de la subunitat alfa del gen funcional amonio-monooxigenasa (amoA) i finalment, el gen codificant per l'enzim òxid nítrós reductasa (nosZ) responsable del pas final de la desnitrificació ($\text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$). Val a dir, que en el cas dels bacteris desnitrificants la població quantificada pertanyen al clade I, els anomenats typical denitrifiers. A la Taula 6 i 7 es recullen els resultats d'aquestes quantificacions per als mostrejos del Juliol del 2017 i al Febrer del 2018.

Taula 6: Resultats de la qPCR de les mostres del reactor NDN.

| Codi | nº | Descripció | 16SrRNA | SD | amoA Bact | SD | nosZ | SD |
|------------------|----|----------------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|
| M3364_DNA | 3 | FL Purí | 1,95E+09 | 7,35E+08 | 2,86E+05 | 8,51E+04 | 3,06E+06 | 1,50E+06 |
| M3365_DNA | 4a | LM airejada | 4,69E+09 | 4,77E+08 | 1,58E+08 | 5,50E+06 | 4,65E+08 | 2,62E+07 |
| M3365_RNA | 4a | LM airejada | 1,85E+12 | 4,94E+11 | 7,86E+06 | 2,42E+05 | 2,96E+06 | 1,24E+06 |
| M3366_DNA | 4b | LM no airejada | 2,79E+09 | 1,37E+09 | 5,45E+07 | 2,70E+07 | 1,41E+08 | 9,45E+07 |
| M3366_RNA | 4b | LM no airejada | 7,09E+11 | 4,58E+11 | 2,07E+06 | 1,63E+06 | 2,36E+05 | 2,30E+05 |

Com es pot observar en la Taula 6 (mostreig microbiològic de l'estiu) la fracció líquida del purí d'entrada al reactor presenta una població d'eubacteris al voltant de 10^9 còpies del gen 16S rRNA/mL, amb presència tant de bacteris amonio-oxidants i desnitrificants.

Pel que fa a les mostres microbiològiques del reactor, es pot observar com la concentració total de bacteris roman constant, al voltant de les 10^9 còpies del gen 16S rRNA i augmenten, com era d'esperar, les concentracions de amonio-oxidants i desnitrificants fins a les 10^8 en ambdues espècies respecte al purí d'entrada.

Pel que fa a l'activitat observant les còpies del gen 16S rRNA és pot veure com la biomassa tan en la fase airejada com en la no airejada esta força activa. Per altra banda, l'activitat dels bacteris nitrificants disminueix respecte el total però no es veu una diferència entre les activitats dels bacteris amonio-oxidants durant la fase airejada i no airejada, el que podria indicar que l'activitat que presenten en l'etapa no airejada és deguda a l'oxigen romanent de l'etapa anterior. El mateix succeeix amb els bacteris desnitrificants, l'activitat d'aquest bacteris no és gaire alta, entre les 10^6 i 10^5 còpies de RNA i c-DNA respectivament, per a les etapes airejades i no airejades, i aquest és un paràmetre que fa pensar que en el reactor no estigui ben agitat, i per tant que hi hagi zones que no estiguin ben airejades, que podria afavorir la desnitrificació simultàniament amb la nitrificació durant l'etapa d'aireació. L'explicació d'una nitrificació-desnitrificació simultània també explicaria la no detecció de nitrits, ni nitrats al sistema durant tota l'operació del reactor.

De la mateixa manera que en període d'estiu, en el mostreig d'hivern (Taula 7) també es van recollir mostres microbiològiques per analitzar les comunitats i estudiar-ne l'activitat.

Taula 7: Resultats de la qPCR de les mostres del reactor NDN.

| Codi | nº | Descripció | 16SrRNA | SD | amoA Bact | SD | nosZ | SD |
|------------------|----|----------------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|
| M3851_DNA | 3 | FL Purí | 2.49E+10 | 6.45E+09 | 4.19E+06 | 7.78E+04 | 3.34E+06 | 7.07E+04 |
| M3852_DNA | 4a | LM airejada | 2.48E+09 | 1.13E+07 | 1.57E+09 | 4.29E+08 | 8.11E+08 | 4.40E+08 |
| M3852_RNA | 4a | LM airejada | 5.11E+12 | 7.78E+11 | 1.47E+08 | 2.55E+07 | 3.69E+05 | 5.42E+04 |
| M3853_DNA | 4b | LM no airejada | 2.60E+10 | 7.99E+09 | 8.28E+08 | 1.36E+08 | 4.00E+08 | 1.68E+08 |
| M3853_RNA | 4b | LM no airejada | 7.48E+12 | 3.76E+12 | 3.58E+08 | 1.73E+08 | 1.98E+05 | 5.05E+04 |

En el mostreig d'hivern els resultats són força similars als trobats durant l'estiu. La fracció líquida del purí d'entrada al reactor també presenta una població elevada d'eubacteris al voltant de 10^{10} còpies del gen 16S rRNA/mL mostra. En el cas de les poblacions amonio-oxidants estan al voltant de 10^6 còpies *amoA* i els desnitrificants també representen 10^6 còpies *nosZ* gèniques per mL de fracció líquida. Pel que fa a les mostres de dins el reactor, es pot observar que l'abundància d'eubacteris total roman, al voltant també de 10^9 - 10^{10} còpies del gen 16S rRNA. Per altra banda, com era d'esperar, les

abundàncies d'amoni-oxidants i desnitrificants es veuen enriquides fins a les 10^8 còpies en ambdós grups, respecte al purí d'entrada.

Pel que fa a l'activitat microbiana, observant els transcripts (RNA), es veu com la biomassa tan en la fase airejada com en la no airejada és força elevada (10^{12} transcripts de 16SrRNA per mL mostra del reactor en ambdues etapes del cicle del reactor). Pel que fa als bacteris amoni-oxidants, l'activitat és inferior al total present a les mostres. Ara bé, altra vegada no hi ha diferència d'activitat entre la fase airejada i la no airejada, el que tornaria a indicar que l'activitat dels amoni-oxidants en l'etapa no airejada és deguda a l'oxigen romanent de l'etapa anterior. El mateix succeeix amb els bacteris desnitrificants, on l'activitat no és gaire alta en ambdues etapes, comparada amb el potencial desnitrificant present en el reactor (10^5 transcripts de *nosZ* respecte els 10^8 còpies de *nosZ* per mL mostra de dins el reactor).

Els resultats microbiològics fan pensar que, dins del reactor, hi ha certs paràmetres els quals no propicien l'activitat/activació de tots els amoni-oxidants ni desnitrificants presents, ja que no tots estan actius. Per tant, caldria optimitzar algunes condicions operacionals i permetre així, l'activitat d'aquells que s'han aconseguit enriquir en el reactor. Tot i així, les emissions de N_2 juntament amb la no presència de nitrats ni nitrits al sistema, estaria en concordança amb la detecció dels transcripts d'*amoA* i *nosZ* i podria explicar doncs, una nitrificació/desnitrificació simultània.

3.3.5 Resultats dels balanços de matèria

A la Taula 8 es mostren els diferents resultats obtinguts en els 4 mostrejos realitzats a la planta de tractament de purins del Banús. El que es pot observar és que hi ha una disminució progressiva dels m^3 de cabal tractat al llarg del període de mostrejos, Mentre que a l'estiu el cabal tractat és de $22,20 m^3/dia$, a la tardor aquest cabal augmenta una mica fins als $23,23 m^3/dia$ i arriba als valors mínims a la temporada de primavera on es tracten $12,70 m^3/dia$. Aquesta disminució en el cabal en el període on les condicions climàtiques són més desfavorables, pot ser útil per afavorir el funcionament del sistema biològic.

Taula 8. Resultats extrets dels 4 mostrejos realitzats a la planta del Banús.

| Planta NDN explotació El Banús | | | | | |
|------------------------------------|---|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Data mostreig | | 03/07/2017 | 02/11/2017 | 15/02/2018 | 22/05/2018 |
| Condicions climàtiques | Temperatura (°C) | 19,4 a 30,2 | 18 | -0,5 a 9,5 | 18,6 a 22,8 |
| | Vent | inapreciable | inapreciable | inapreciable | inapreciable |
| Cabal tractat | Període | 03/07/2017 | 03/07/2017 - 02/11/2017 | 02/11/2017 - 15/02/2018 | 15/02/2018 - 22/05/18 |
| | m ³ totals | - | 2834,1 | 1894,84 | 1232,29 |
| | m ³ /dia | 22,20 | 23,23 | 18,05 | 12,70 |
| Càrrega orgànica | kgDQO/m ³ dia | 2,87 | 4,19 | 1,67 | 1,94 |
| Càrrega nitrogenada | kgN/dia | 38,24 | 48,44 | 27,94 | 22,30 |
| | kgN/m ³ dia | 0,36 | 0,44 | 0,28 | 0,22 |
| | DQO/N _{entrada} | 7,99 | 9,60 | 5,99 | 8,98 |
| Consum elèctric | kW/m ³ | | 3,091 | 3,858 | 11,739 |
| Temperatura reactor | (°C) | 33,6 | 24,0 | 17,8 | 27,1 |
| Eficiència Separador (màssica) | Fracció sòlida | 1,18% | 3,35% | 1,01% | |
| | Fracció líquida | 98,82% | 96,65% | 98,99% | |
| Emissions atmosfèriques (kg/d) | CH ₄ | 10,97 | - | 0 | - |
| | CO ₂ | 360,26 | - | 3,83 | - |
| | N ₂ O | 1,91 | - | 0,00 | - |
| | NH ₃ | 0,12 | - | 4,01E-02 | - |
| Eficiència i balanç de nitrogen(%) | Fracció Sòlida | 4,9% | - | 3,49% | - |
| | Emissions (NO _x +NH ₃) | 5,3% | - | 0,14% | - |
| | Nitrogen gas (N ₂) | 49,2% | - | 68,50% | - |
| | Purga fangs | 5,6% | - | 3,49% | - |
| | Efluent tractat | 35,0% | - | 27,21% | - |

Si s'observa la càrrega orgànica de l'influent, es pot veure una gran variació obtenint el valor més baix durant l'època d'hivern. El valor mitjà de la càrrega orgànica és de 2,67 kg DQO/m³dia, encara que trobem el valor màxim d'aquest paràmetre durant la tardor, amb un valor de 4.19 kg DQO/m³dia. La càrrega nitrogenada té una variació menys acusada, assolint valors més alts a la tardor, i arribant al seu mínim en l'època de primavera. Tot i aquesta variació, el valor mitjà de la càrrega nitrogenada és de 0,32 kg N/m³dia. Un dels paràmetres importants per a la desnitrificació és la DQO/N a l'entrada del sistema biològic (kg DQO/kg N). Aquest paràmetre durant 3 mostrejos està per sobre de 6,9 kg DQO/kg N (Carrera et al., 2004), valor suficient segons la bibliografia per a dur a terme la desnitrificació, encara que cal remarcar que aquest valor a l'hivern no arriba a 6kg DQO/kg N i això podria dificultar el procés de desnitrificació.

Durant els mostrejos, també s'han enregistrat els valors de kW consumits. La gran variabilitat entre els mostrejos d'estiu-hivern en comparació amb el de primavera és produïda per una mala instal·lació del comptador elèctric.

La temperatura del reactor va mostrar variacions al llarg de la campanya de mostrejos. Durant l'estiu es va arribar a una temperatura de 33,6°C tot i que en les campanyes amb condicions climatològiques més desfavorables no va disminuir fins a temperatures crítiques, 15°C, per sota la qual esta descrit bibliogràficament que la nitrificació es veu molt desfavorida.

Pel que fa a les emissions tal com s'ha comentat en l'apartat corresponent, han estat força baixes, amb l'excepció del CO₂ i CH₄ durant el mostreig d'estiu, on es van assolir valors força elevats, segurament perquè en el reactor podien haver-hi zones anaeròbies que amb altes temperatures es veien afavorits els microorganismes anaerobis que degraden la matèria orgànica present fins a CH₄ i CO₂.

En el càlcul de les eficiències de tractament en relació amb el nitrogen d'entrada al sistema, no sempre s'ha pogut fer el càlcul de tots els corrents, ja que per tal d'estimar les eficiències cal tenir els resultats d'emissions, i l'anàlisi de les emissions només s'ha realitzat quan el mostreig era intensiu. A més a més, pot haver-hi errors significatius quan la mostra inicial del purí d'entrada al sistema era poc representativa degut a la poca homogeneïtzació de la bassa inicial. El percentatge de nitrogen de la fracció sòlida que surt del separador roman força constant durant els períodes intensius, estiu i hivern,

assolint valors del 4,93% durant l'estiu mentre que durant l'hivern, aquest valor es redueix fins a 3,49%.

En el percentatge de nitrogen sortint en forma d'emissions no desitjades els valors són molt baixos, amb un màxim d'aquest en l'època d'estiu (5,13%) i sent quasi bé menyspreables durant l'hivern (0,14%).

En l'estimació que s'ha fet del nitrogen eliminat en forma de nitrogen gas els valors es mantenen en un al voltant del 60% del nitrogen total a l'entrada. En canvi es veu una tendència descendent en el nitrogen que surt per l'efluent de sortida de la planta. Durant l'estiu aquest percentatge de nitrogen es del 35%, mentre que a l'hivern aquesta sortida del nitrogen disminueix fins al 27,21%.

Finalment, si s'observen les eficiències del separador màssiques en les tres campanyes on es va realitzar el càlcul de les eficiències també es veu una fluctuació significativa d'aquest equip, arribant a la màxima eficiència a la campanya de tardor, amb el 3,35%.

3.3.6 Estimació de les eficiències de la Planta del Banús segons els balanços de matèria

Com s'ha esmentat anteriorment només en els mostrejos intensius (estiu i hivern) s'han pogut calcular degudament les eficiències de tractament del sistema pels compostos nitrogenats. Tot i així, s'han estimat també els balanços i calculat les eficiències de nitrogen del sistema en els mostrejos estàndard (tardor, primavera) a partir de les mitges de les eficiències del separador trobades en els mostrejos intensius, així com utilitzant la mitjana de les emissions analitzades en els mateixos mostrejos.

A continuació, a la Taula 9, es presenten en negreta els resultats estimats de les eficiències del sistema pel que fa els compostos nitrogenats.

Taula 9. Resultats extrets dels 4 mostrejos realitzats a la planta del Banús amb els valors estimats dels dos mostrejos estàndards.

| Data mostreig | | 03/07/2017 | 02/11/2017 | 15/02/2018 | 22/05/2018 |
|--|---|------------|-------------------|------------|-------------------|
| Eficiència i balanç de nitrogen (%) | Fracció Sòlida | 4,93% | 13,25% | 3,49% | 4,84% |
| | Emissions (NO _x +NH ₃) | 5,30% | 2,72% | 0,14% | 2,72% |
| | Nitrogen gas (N ₂) | 49,20% | 52,35% | 68,50% | 68,54% |
| | Purga fangs | 5,60% | 3,07% | 0,66% | 0,15% |
| | Elfuent tractat | 35,00% | 28,61% | 27,21% | 23,61% |

Com es pot veure en la Taula 9, els resultats estimats i les eficiències calculades al novembre 2017 i al maig del present any varien en relació als mostrejos intensiu. La sortida de nitrogen de la fracció sòlida augmenta significativament en les estimacions, en comparació amb els mostrejos intensius on s'ha pogut calcular degudament les eficiències. Mentre que durant l'estiu i l'hivern els valors de nitrogen sortint en la fracció sòlida representen entre un 4,93% i un 3,49%, respectivament, aquest percentatge augmenta fins a valors màxims de 13,25% al novembre.

Les emissions estimades (en negreta) resulten de la mitja dels mostrejos intensius que és un 2,72%.

La sortida de nitrogen en l'efluent tractat en les estimacions segueix la tendència decreixent del sistema que passa de 35% a l'inici d'aquest seguiment (estiu) i finalitza representant el 23,61% del nitrogen entrant al sistema a la primavera. Pel que fa al nitrogen eliminat mitjançant la purga de fangs, aquest es veu clarament disminuït al llarg del seguiment, com a conseqüència d'una clara disminució del cabal de purga.

Conseqüentment el nitrogen gas, que surt de la diferencia entre el corrents d'entrada i els corrents de sortida també té una tendència a l'alça, passant del 49,20% al inici dels mostrejos, fins al 68,54% a la primavera, el valor més alt assolit en aquest sistema NDN.

A més a més s'ha calculat les eficiències globals de cadascuna dels corrents de sortida del sistema de tractament. Per al càlcul d'aquestes eficiències s'ha realitzat una mitja de les mostres analítiques recollides en els quatre mostrejos així com la mitja dels cabals per a cada període entre mostrejos. Amb aquestes mitjanes del sistema s'han calculat

el percentatge de nitrogen sortint del sistema NDN per a cadascun dels corrents en funció de la càrrega mitja de nitrogen entrant.

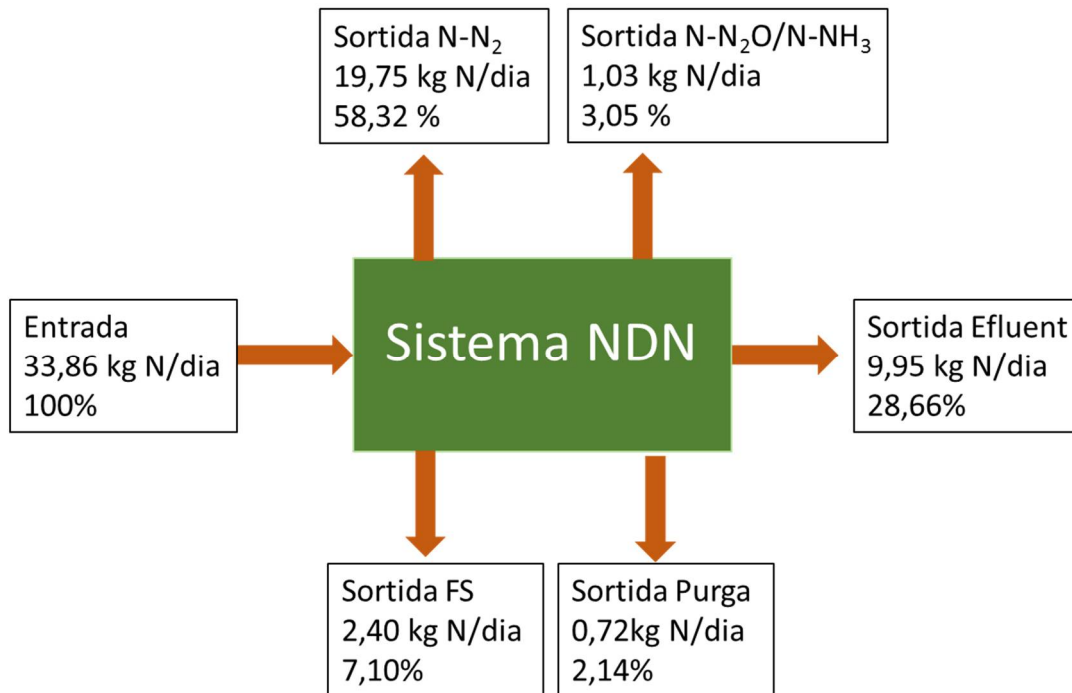


Figura 4. Eficiències globals del seguiment de la Planta del Banús

En la Figura 4, es presenten els valors de nitrogen sortint pels diferents corrents del sistema NDN. El valor mitjà de nitrogen a la sortida de sòlids està al voltant d'un 7%, encara que aquest valor varia al llarg de l'any (veure Taula 8). Les emissions d'efecte hivernacle globals representen un 3,05%, mentre que la quantitat de nitrogen que surt del reactor en l'efluent representa el 28,66% i en la purga en surt un 2,14% del nitrogen inicial. Finalment, fent la mitja dels valors calculats i els valors estimats durant els 4 mostrejos, les emissions de nitrogen gas representen el 58,32% del nitrogen entrant.

4. CONCLUSIONS

- Amb les lectures dels cabalímetres totalitzadors s'ha pogut estimar correctament el cabal diari de tractament.
- La poca d'homogeneïtzació d'algunes basses i sobretot en algunes etapes del reactor fa que algunes mostres siguin poc representatives, i no permeten observar el comportament de les diferents formes nitrogenades (amoni, nitrats i nitrats) dins del reactor.
- L'eficiència del separador inicial del sistema de la planta presenta eficiències variables, arribant a una eficiència màxima de 3,35% durant la tardor i reduint-se fins a 1,01% durant l'hivern. Seria convenient estudiar aquesta variabilitat per a poder treballar en les condicions més òptimes.
- La relació DQO/N (kg DQO/kg N) durant l'hivern està per sota del límit descrit bibliogràficament, i això pot representar un factor limitant per l'activitat biològica, sobretot en la desnitrificació.
- Les condicions hivernals, fan disminuir la temperatura del reactor quasi a nivells crítics, però no fa disminuir l'activitat biològica.
- Les emissions dels gasos d'efecte hivernacle són constants en ambdós mostres, encara que a l'estiu, el CO₂ i el CH₄ es veuen incrementats significativament degut a les temperatures ambientals i de dins del reactor.
- En el reactor NDN l'eficiència mitjana d'eliminació de nitrogen en forma de N₂ ha estat de 58,32%.
- La incorrecte instal·lació del comptador elèctric no ha permès estimar el consum elèctric per m³ de purí tractat (kW/m³). Únicament es pot considerar correcte la darrera lectura ja que s'havia modificat la instal·lació del comptador. En aquest cas el consum estimat ha estat de 11,74 kW/m³.

- Observant els resultats microbiològics del sistema NDN es pot extreure els següents conclusions:
 - La Fracció Líquida d'entrada, ja presenta una població de bacteris encarregats de l'eliminació de nitrogen: bacteris amoni-oxidants (gen *amoA*) i desnitrificants (gen *nosZ*). Aquests bacteris s'enriqueixen entre 2 – 3 ordres de magnitud dins del reactor.
 - No s'observen canvis significatius entre l'activitat bacteriana de la fase airejada i la no airejada, ni pels bacteris amonio-oxidants ni pels desnitrificants. Aquest fet reforça la hipòtesis de que hi pot haver una nitrificació- desnitrificació simultània dins del reactor.
 - L'activitat microbiana de bacteris clau implicats en l'eliminació de nitrogen, és menor al potencial enriquit en el reactor. Fet que fa pensar la necessitat de millorar certs paràmetres per afavorir la seva activació i millorar doncs el procés NDN de forma optimitzada