



Membranes for ENERGY and WATER RECOVERY



"MEMBRANES FOR ENERGY AND WATER RECOVERY"

MEMORY is a project co-funded by the European Community under the LIFE+ financial instrument with the Grant Agreement n. LIFE13 ENV/ES/001353.

Location: Alcázar de San Juan, Spain.

Partners: FCC AQUALIA, UPV, UV, Koch Systems.

Total budget: 2.102.327,00 €

Total EU financing: 1.046.101,00 €

Start date: 01/07/2014

End date: 31/12/2018

BACKGROUND

In Europe, most municipal wastewater treatment plants (WWTPs) are equipped with conventional activated sludge (CAS) processes which consume considerable amounts of energy. More specifically, aeration can consume as much as 60% of total energy requirements of a WWTP. In the near future it is expected that costs related to wastewater treatment will rise due to stricter discharge limits for treated effluents and sludge disposal in order to comply with the EU Water Framework Directive (WFD). Such new restrictions represent a significant challenge in this field. Furthermore, new regulations on the mitigation of greenhouse gas emissions could penalize both excessive energy consumption and sludge production.

ANTECEDENTES

En Europa, la mayoría de las estaciones depuradoras de aguas residuales municipales (EDAR) están equipadas con procesos convencionales de lodos activados que consumen considerables cantidades de energía. Más concretamente, la aireación puede consumir hasta el 60% de los requerimientos energéticos totales de una EDAR. En un futuro próximo se espera que los costes relacionados con el tratamiento de las aguas residuales aumenten debido a unos límites de vertido más estrictos para los efluentes tratados y la eliminación de lodos, con el fin de cumplir con la Directiva Marco Europea del Agua (DMA). Estas nuevas restricciones representan un reto importante en este ámbito. Además, las nuevas reglamentaciones sobre la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero podrían penalizar tanto el consumo excesivo de energía como la producción de lodos.

THE TECHNOLOGY

AnMBR technology integrates anaerobic treatment and membrane ultrafiltration within a single step, providing a number of advantages. The anaerobic process transforms the organic matter contained in wastewater into a biogas stream mostly composed of methane and carbon dioxide. Bioenergy as heat and electricity can be harvested from the biogas produced to be used in the WWTP. Simultaneously, membrane ultrafiltration completely retains the microorganisms within the anaerobic reactor allowing the sludge retention time (SRT) to be increased by 100% without increasing bioreactor size or the hydraulic retention time (HRT).

Thanks to this feature, highly effective anaerobic transformation of low-strength wastewater can be accomplished. Moreover, anaerobic bacteria are characterized by a low yield which, combined with the long retention time inside the reactor, ensure a considerable reduction in sludge production, generating less residues and emissions.

LA TECNOLOGÍA

La tecnología AnMBR integra el tratamiento anaerobio y la ultrafiltración por membrana en un solo paso, proporcionando una serie de ventajas. El proceso anaerobio transforma la materia orgánica contenida en las aguas residuales en una corriente de biogás compuesta principalmente de metano y dióxido de carbono. A partir de esta corriente se puede generar calor y energía eléctrica para su uso en la EDAR. Al mismo tiempo, la ultrafiltración por membrana retiene completamente los microorganismos dentro del reactor anaerobio, lo que permite aumentar el tiempo de retención de lodos (TRC) en un 100% sin aumentar el tamaño del biorreactor ni el tiempo de retención hidráulica (TRH).

Gracias a esta característica, se puede lograr una transformación anaeróbica altamente efectiva de aguas residuales de baja carga orgánica. Además, las bacterias anaerobias se caracterizan por un bajo rendimiento que, combinado con la larga retención en el interior del reactor, aseguran una reducción considerable de la producción de lodos, generando menos residuos y emisiones.

THE PROJECT

The LIFE Memory project demonstrates at an industrial prototype scale an anaerobic technology, using Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) technology, as an alternative to conventional urban wastewater treatment. This new approach focuses on a more sustainable concept, where wastewater turns into a source of energy and nutrients, and also a recyclable water resource by membrane disinfection.

The LIFE Memory project has three main objectives:

- Increase effluent quality for reuse and minimization of residuals by 50%.
- Reducing by 80% the net greenhouse gases emission per unit of COD removed from the influent wastewater, avoiding the oxidation of organic matter.
- Reduction of WWTP energy consumption by 70%.
- 25% less space requirements of the facility, compared with CAS plants based on aerobic processes.
- Elaboration of a protocol for the design and operation of treatment facilities based on this new technology.

EL PROYECTO

El proyecto LIFE Memory demuestra a escala de prototipo industrial una tecnología anaeróbica, utilizando la tecnología del biorreactor anaerobio de membrana (AnMBR), como alternativa al tratamiento convencional de aguas residuales urbanas. Este nuevo enfoque se centra en un concepto más sostenible, donde las aguas residuales se convierten en una fuente de energía y nutrientes, y también en un recurso hídrico reciclable mediante desinfección por membranas.

El proyecto LIFE Memory tiene tres objetivos principales:

- Incrementar la calidad del efluente para su reutilización y minimización de residuos en un 50%.
- Reducir en un 80% la emisión neta de gases de efecto invernadero por unidad de DQO extraída de las aguas residuales del afluente, evitando la oxidación de la materia orgánica.
- Reducción del consumo de energía de las EDAR en un 70%.
- Requerimientos de espacio de la instalación un 25% menores en comparación con las EDAR basadas en procesos aerobios.
- Elaboración de un protocolo para el diseño y operación de instalaciones de tratamiento basadas en esta nueva tecnología.

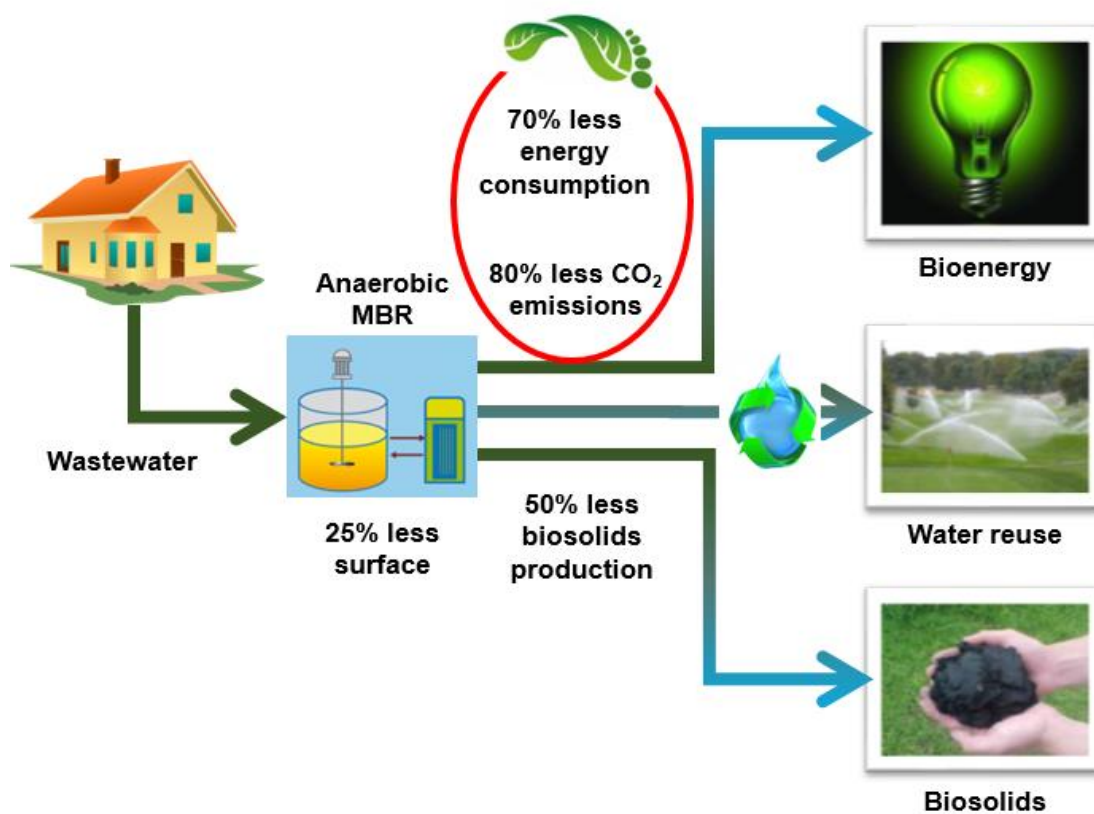


Figure 1: Aims of the project



Figure 2: Location of Life Memory Project



Figure 3: Overview of the prototype plant in the Life Memory project



Figure 4: Anaerobic Reactor (40 m³)



Figure 5: 3 Membrane tanks (PURON®, KMS, 41 m² filtration area/module, Ultrafiltration (0.03 µm)) and CIP tank

RESULTS

Parameter	Unit	Mean ± SD
TSS	mg TSS·L ⁻¹	534 ± 254
Total COD	mg COD·L ⁻¹	1218 ± 416
BOD ₅	mg COD·L ⁻¹	688 ± 269
VFA	mg COD·L ⁻¹	116 ± 92
Alk	mg CaCO ₃ ·L ⁻¹	610 ± 123
Sulfate	mg SO ₄ -S·L ⁻¹	162 ± 32
Total Nitrogen	mg N·L ⁻¹	56.3 ± 16.7
Total Phosphorus	mg P·L ⁻¹	10.1 ± 3.1

Table 1: Characteristics of the influent

Parameter	Unit	Value
Operation Time	d	932
Permeability	LMH·bar ⁻¹	50-100
Transmembrane Flux	LMH	15 -25

Table 2: Operational data

In the biological processes that take place in the AnMBR plant, organic matter is eliminated and nutrients (N and P) are not eliminated, therefore the effluent has a high potential for reuse in agriculture.

En los procesos biológicos que tienen lugar en la planta AnMBR se elimina la materia orgánica y no se eliminan nutrientes (N y P), por lo tanto el efluente tiene un alto potencial de reutilización en la agricultura.

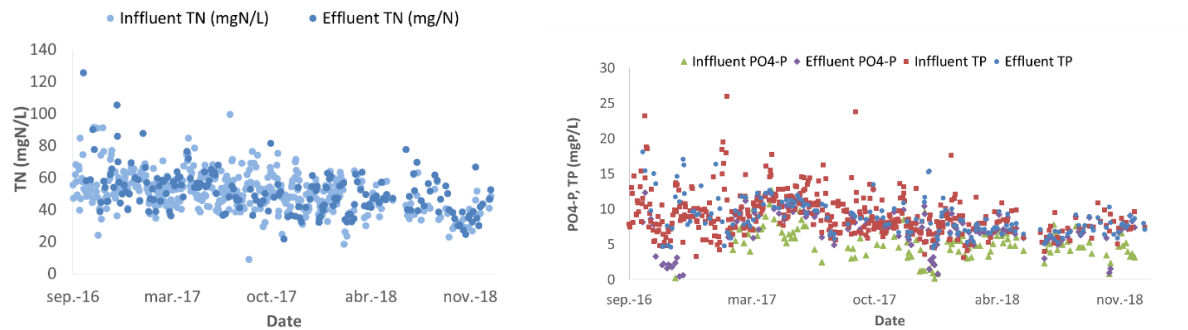


Figure 6: Total nitrogen (TN) concentration evolution during the project in both influent and effluent / Evolution of the phosphates and total phosphorus concentration in both influent and effluent during the project

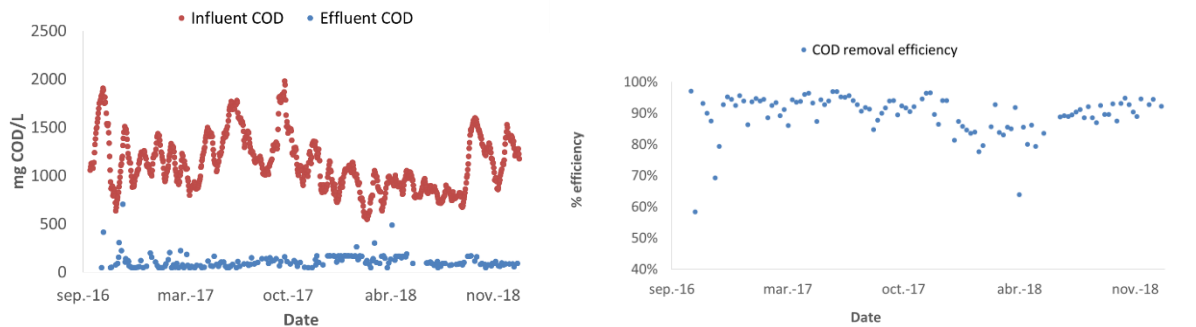


Figure 7: Evolution of the COD concentration in both influent and effluent during the project / COD removal efficiency during the project

With the methane recovery technology present in the effluent, direct methane emissions into the atmosphere are reduced.

Con la tecnología de recuperación de metano presente en el efluente se consigue reducir las emisiones directas de metano a la atmósfera.

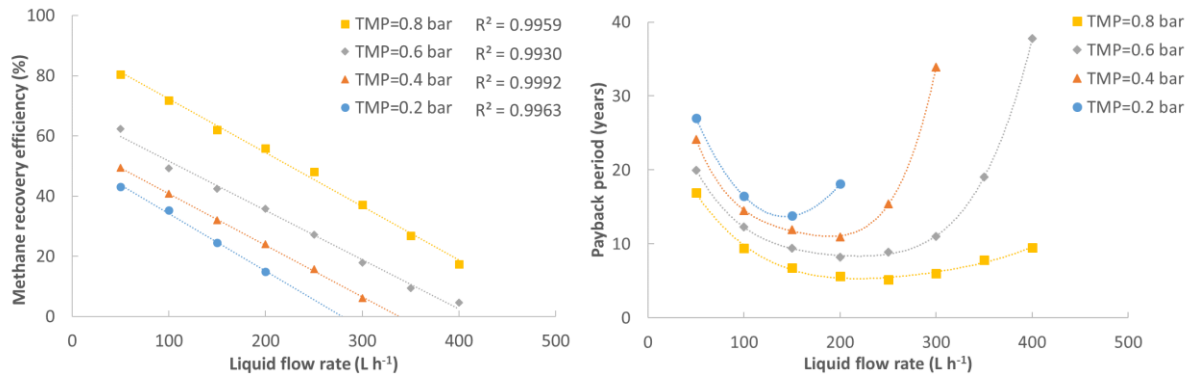


Figure 8: Dissolved methane concentrations and recovery efficiency / Payback period for the investment on degassing membranes at 18°C

With AnMBR technology, energy consumption is reduced and even net energy production is achieved, which translates into a reduction in indirect greenhouse gas emissions (compared to conventional treatment systems).

Con la tecnología AnMBR se consigue reducir el consumo de energía e incluso se llega a tener una producción neta de energía, lo que se traduce en una reducción de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (en comparación con sistemas de tratamiento convencionales).

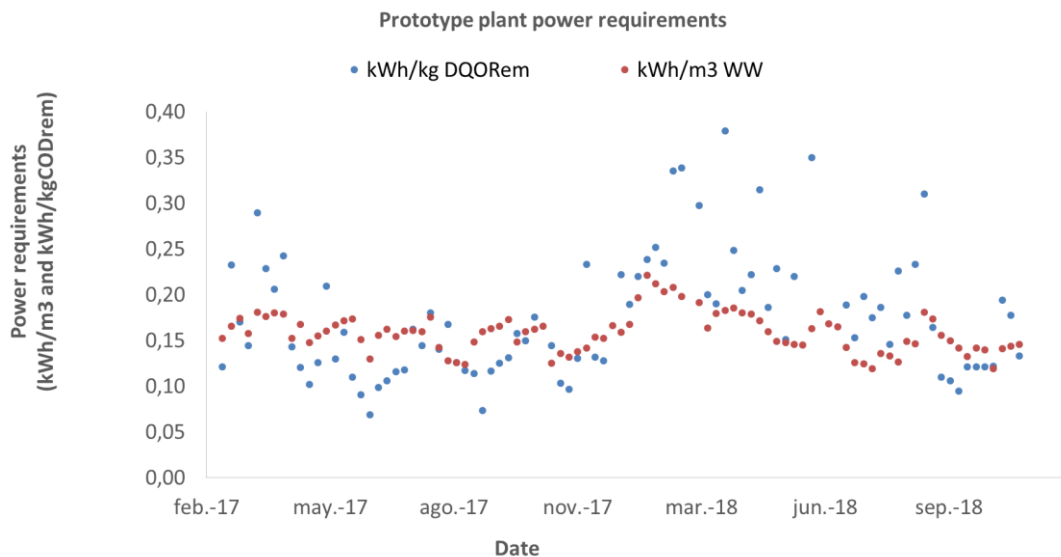


Figure 9: Power input requirement during the project

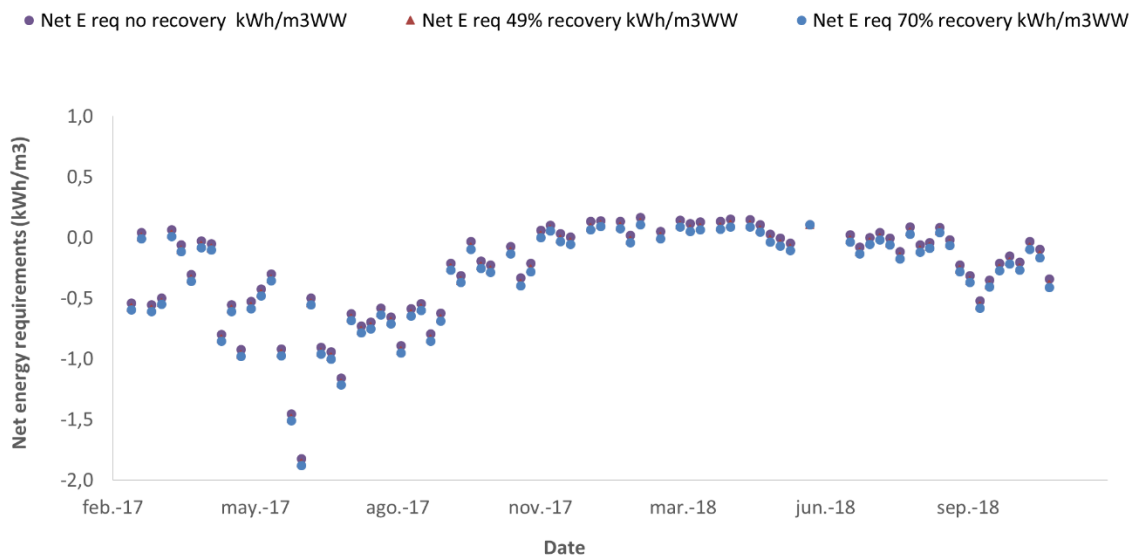


Figure 10: Net energy requirements during the project in kWh/m³ WW

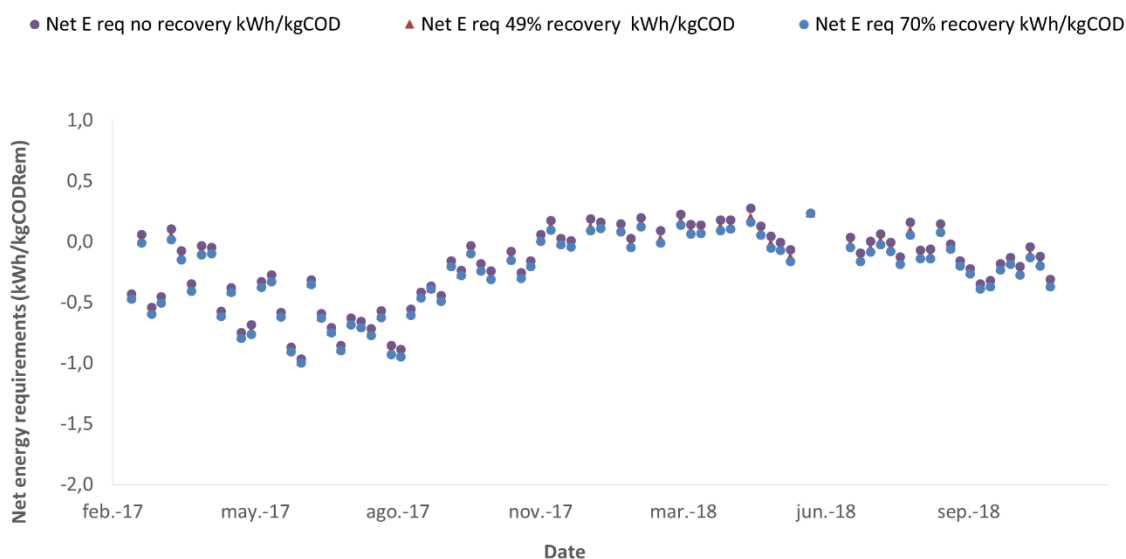


Figure 11: Net energy requirements during the project in kWh/kg COD_{Rem}

The carbon footprint is also reduced compared to conventional technologies.

La huella de carbono también se ve reducida con respecto a las tecnologías convencionales.

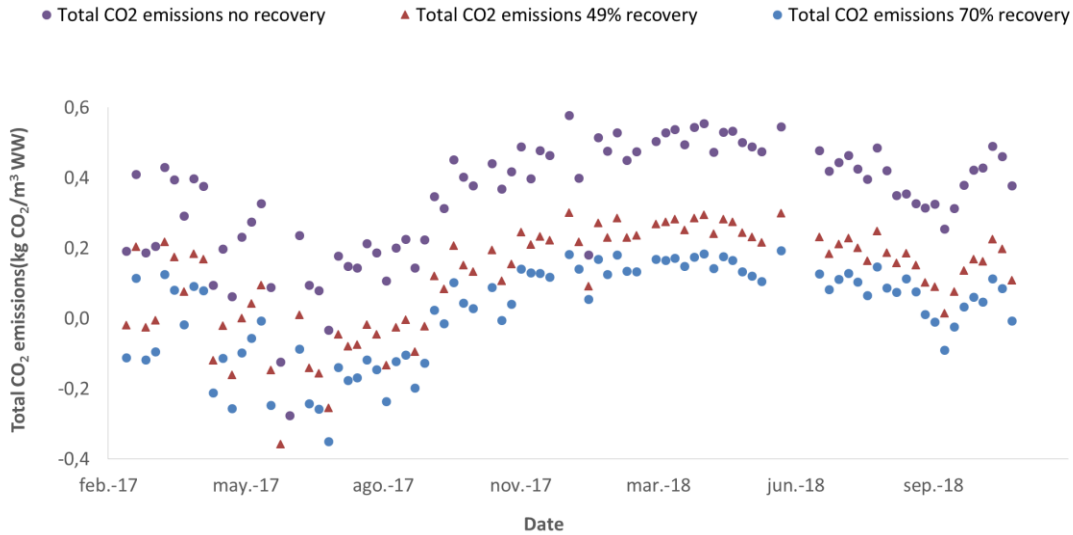


Figure 12: Total CO₂ emissions during de project in kg CO₂/m³ WW

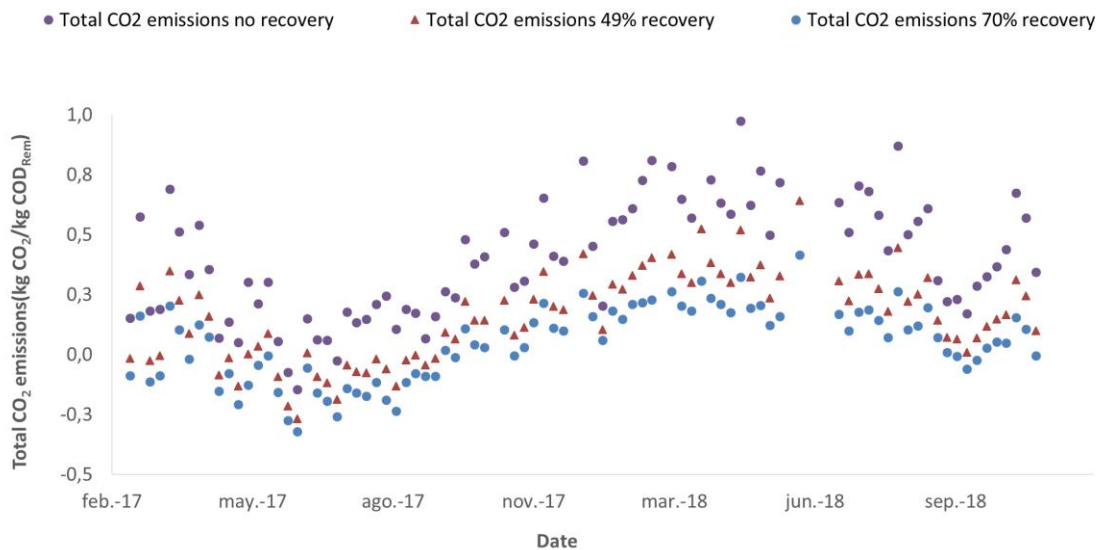


Figure 13: Total CO₂ emissions during de project in kg CO₂/kg COD_{Rem}

Because anaerobic processes have lower growth yields, there is less sludge production compared to aerobic water treatment systems.

Dado que los microorganismos anaerobios tienen menor rendimiento en su crecimiento, hay una menor producción de fangos en comparación con sistemas aerobios de depuración de agua.

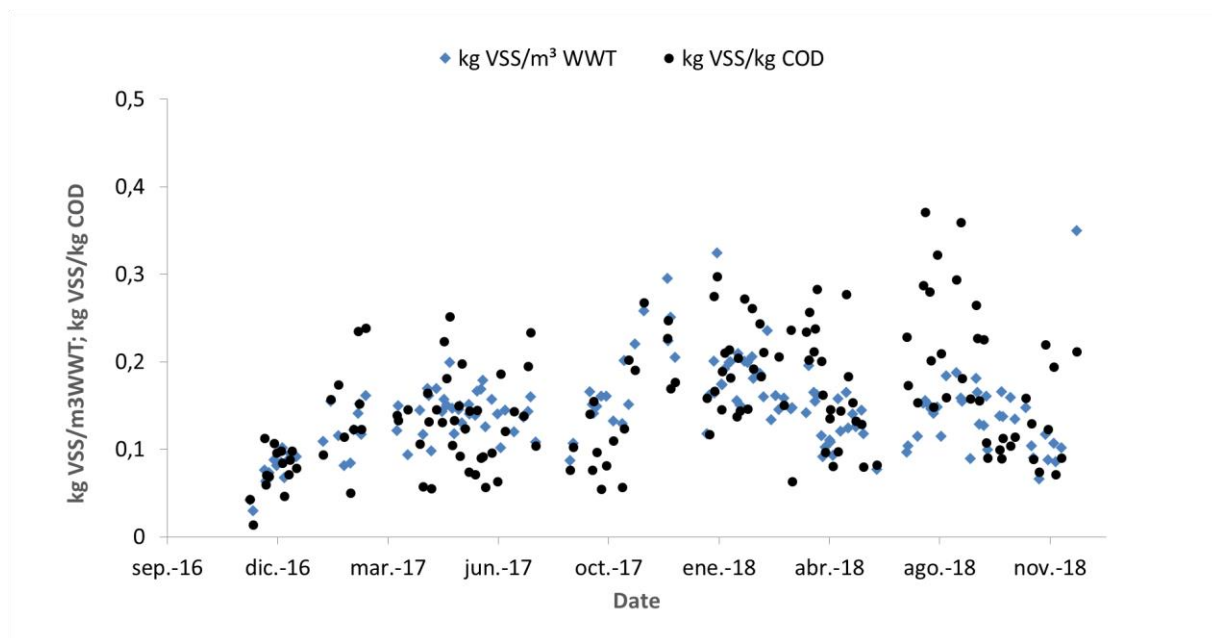


Figure 14: Waste sludge production (WSP , $\text{kg VSS}_{\text{ws}} \cdot \text{kg COD}_{\text{rem}}^{-1}$) during the project

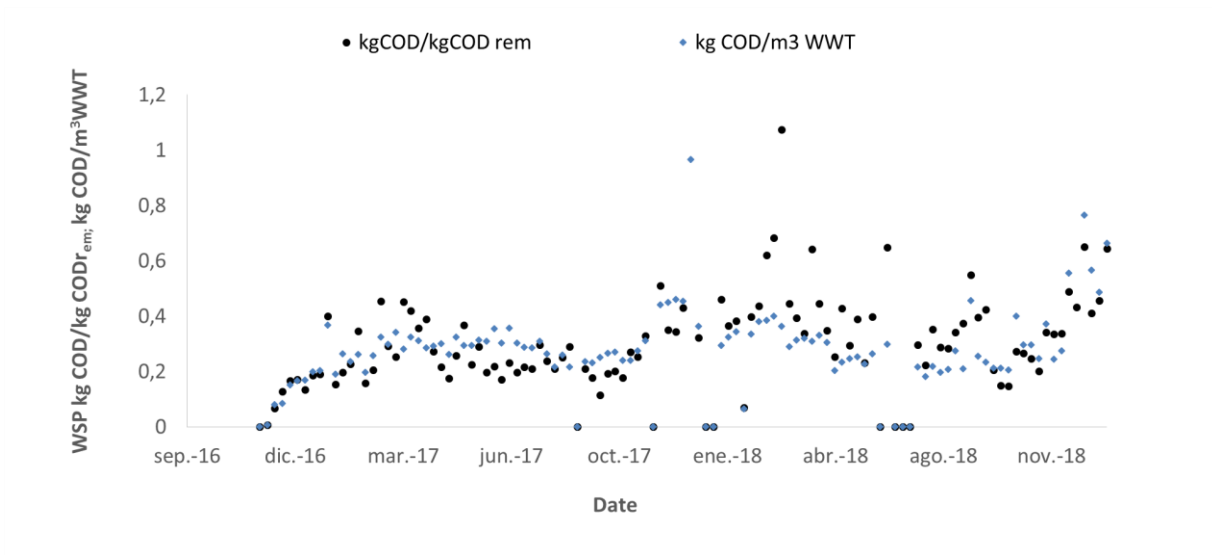


Figure 15: Waste sludge production (WSP , $\text{kg COD}_{\text{ws}} \cdot \text{kg COD}_{\text{rem}}^{-1}$ and $\text{kg COD}_{\text{ws}} \cdot \text{m}^3 \text{ WW}$) during the project

CONCLUSIONS

- With AnMBR technology a reduction of greenhouse gases emission in comparison with conventional activated sludge systems up to 88 % has been achieved.
- Reduction of the energy consumption because of avoidance of aeration process: From $-0.4 - 0.08$ kWh/m³ in AnMBR to $0.25 - 0.6$ kWh/m³ in CAS or $0.5 - 2.5$ kWh/m³ in AeMBR.
- In AnMBR a waste sludge production of 0.165 ± 0.07 kg VSS/kg COD_{rem} has been achieved, which is lower than the typical 0.4 kg VSS/kg COD_{rem} in CAS, and therefore a reduction of sludge production of 59 % has taken place. An enhancement on wastewater treatment was obtained by waste valorization and waste reduction to landfill.
- The AnMBR effluent contains nutrients for reuse (potential fertigation) while a high COD and BOD removal efficiency has been achieved: 89.3 ± 4.5 % and 90.30 ± 1.6 %, respectively.
- Results show a Waste Sludge Digestibility of 24.92 %. This indicates that 75 % of the wasted sludge cannot be further exploited for biogas production and that the sludge is stabilized (biodegradable VSS < 35 %), therefore sludge line is not necessary. In addition, the primary settler disappears and the secondary settler is replaced by membranes. In conclusion, space requirement is reduced.

CONCLUSIONES

- Con la tecnología AnMBR se ha logrado una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero hasta un 88% en comparación con los sistemas aerobios convencionales.
- Reducción del consumo de energía debido a que se evita el proceso de aireación: Desde $-0.4 - 0.08$ kWh/m³ en AnMBR a $0.25 - 0.6$ kWh/m³ en sistema convencionales o $0.5 - 2.5$ kWh/m³ en AeMBR.
- En AnMBR se ha logrado una producción de fango de 0.165 ± 0.07 kg VSS/kg COD_{rem} inferior a los 0.4 kg VSS/kg COD_{rem} producidos en fangos activos, y por lo tanto una reducción de la producción de fango del 59 %. Se obtuvo una mejora en el tratamiento de aguas residuales mediante la valorización de residuos y la reducción de residuos a vertederos.
- El efluente de AnMBR contiene nutrientes para su reutilización (alto potencial para fertirrigación) a la vez que se ha logrado una alta eficiencia de eliminación de DQO y DBO: 89.3 ± 4.5 % y 90.30 ± 1.6 % respectivamente.
- Los resultados muestran una digeribilidad de fangos de 24,92 %. Esto indica que el 75 % de los fangos producidos no se pueden explotar más para la producción de biogás y que los fangos están estabilizados (SSV biodegradable <35 %), por lo tanto, la línea de fangos en la EDAR no es necesaria. Además, el decantador primario desaparece y el decantador secundario es reemplazado por una membrana. En conclusión, se reduce el requisito de espacio para las instalaciones de tratamiento.



ACKNOWLEDGEMENTS:

This report was produced under co-finance of the European financial instrument for the Environment (LIFE+) during the implementation of the Project Membranes for ENERGY and WATER RECOVERY "MEMORY" (LIFE13 ENV/ES/001353). MEMORY team would like to acknowledge the European financial instrument for the Environment (LIFE+) for the financial support.

AGRADECIMIENTOS:

Este informe ha sido elaborado con la cofinanciación del Instrumento Financiero Europeo para el Medio Ambiente (LIFE+) durante la ejecución del proyecto Membranas para la Recuperación de Agua y Energía "MEMORY" (LIFE13 ENV/ES/001353). El equipo de MEMORY desea agradecer al Instrumento Financiero Europeo para el Medio Ambiente (LIFE+) por su apoyo financiero.



LIFE13 ENV/ES/001353



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

Con la colaboración de Aguas de Alcázar, EMSA



<http://www.life-memory.eu>



memory

Membranes for ENERGY and WATER RECOVERY



LIFE13 ENV/ES/001353
Con la contribución del Instrumento Financiero
LIFE de la Unión Europea

Membranas para la RECUPERACIÓN de AGUA y ENERGÍA

El proyecto MEMORY demuestra la viabilidad técnica y económica de una tecnología de tratamiento innovadora, el Bioreactor Activado de Membranas, conocida como ANIMBA, para tratar aguas residuales urbanas de manera respetuosa con el medio ambiente.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROYECTO



memory

Ubicación: Alcazar de San Juan (Ciudad Real, España)
Duración: Del 1 de julio de 2014 al 30 de junio de 2018
Presupuesto total: 2.102.327,00€
Financiación recibida total: 966.024,00€

DETALLES DE LA AYUDA

Ayuda: Programa LIFE, Programa de Medioambiente
y Acción por el Clima (LIFE)
Organismo: Comisión Europea (CE)
Número expediente: LIFE 13/ENV/ES/001353
Modalidad de ayuda: Subvención del 50% del presupuesto.

aqualia

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

KOCH
MEMBRANE SYSTEMS

ALCAZAR DE SAN JUAN

AFRICH

UQUOS



LIFE13 ENV/ES/001353