

<b>Project acronym</b>	Life Bitmaps
<b>Project full title</b>	Pilot technology for aerobic Biodegradation of spent TMAH Photoresist solution in Semiconductor industries
<b>Project Number</b>	<b>LIFE15 ENV/IT/000332</b>

<b>Action E1</b>	Action E1 “Project management by LFOUNDRY”
<b>Annex - Document title</b>	ANNEX E1_3_After Life Plan
<b>Revision no.</b>	2
<b>Document date</b>	30 Sept 2020
<b>Due date of deliverable</b>	30 Sept 2020
<b>Dissemination level</b>	Public
<b>Responsible partner</b>	LFoundry
<b>Contributing partners</b>	LFoundry
<b>Reviewing partners</b>	all partners

<b>Dissemination level</b>		
PU	Public	X
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including the Commission Services)	
CO	Confidential, only for members of the consortium (including the Commission Services)	

<b>Revision Chart and History Log</b>		
Version	Date	Comment
1	30/09/2020	Rev 1.0 submitted to partners for internal review



## Table of Contents

Background .....	3
Annex A : The After-LIFE Plan .....	4

## Background

The scope of this deliverable is to draw the After-LIFE Plan for the BITMAPS project. The After-LIFE Plan is reported in Annex “A”

---

This document and its contents are the property of LIFE BITMAPS Partners. All rights relevant to this document are determined by the applicable laws. This document is furnished on the following conditions: no right or license in respect to this document or its content is given or waived in supplying this document to you. This document or its contents are not be used or treated in any manner inconsistent with the rights or interests of LIFE BITMAPS Partners or to its detriment and are not be disclosed to others without prior written consent from Partners. Each LIFE BITMAPS Partner may use this document according to LIFE BITMAPS Consortium Agreement.

© Copyright 2016 LIFE BITMAPS Project. All rights reserved



## Annex A : The After-LIFE Plan



This Project receives funding from the European Union Life Program Under Grant Agreement N. LIFE 15 ENV/IT/000332



# AFTER LIFE PLAN

## *BITMAPS PROJECT*

LIFE 15 ENV/IT/000332

*Pilot technology for aerobic Biodegradation of spent TMAH Photoresist solution in Semiconductor industries*



This Project receives funding from the European Union Life Program Under Grant Agreement N. LIFE 15 ENV/IT/000332



<b>Beneficiary List:</b>	<b>LFoundry S.r.l</b> <b>BFC Sistemi S.r.l</b> <b>BME S.r.l.</b> <b>UNIVAQ (Università degli studi dell'Aquila)</b>
<b>Project Coordinator:</b>	<b>Guglielmo Iuliano</b> <b>Phone: +39 0863 423057</b> <a href="mailto:guglielmo.iuliano@lfoundry.com">guglielmo.iuliano@lfoundry.com</a>
<b>Website:</b>	<a href="http://www.lifebitmaps.eu/">http://www.lifebitmaps.eu/</a>
<b>Start Date:</b>	<b>01/07/2016</b>
<b>End Date:</b>	<b>30/09/2020</b>
<b>Project Number:</b>	<b>LIFE 15 ENV/IT/ 000332</b>
<b>Project Title:</b>	<b><i>Pilot technology for aerobic Biodegradation of spent TMAH Photoresist solution in Semiconductor industries</i></b>
<b>Total project budget:</b>	<b>1,676,923 Euro</b>
<b>EU financial contribution:</b>	<b>1,003,753 Euro</b>



This Project receives funding from the European Union Life Program Under Grant Agreement N. LIFE 15 ENV/IT/000332



### 1- PERCHE` IL PROGETTO BITMAPS

Tra le sue varie applicazioni, il TMAH (Tetrametilammonio idrossido CAS NUMBER 75-59-2) viene usato come soluzione di sviluppo o di rimozione del silicio nell'industria elettronica e del semiconduttore; nella produzione dei metalli come acqua di lavaggio; nella manifattura della plastica come additivo; per l'estrazione del gas; come materiale di partenza in una varietà di prodotti ed industrie (e.g. per la produzione di prodotti chimici, cosmetica, metalli, ecc.); come agente ossidante e prodotti quali inchiostri, toner e coloranti.

L'industria E&S (elettronica & del semiconduttore) impiega quantità notevoli di soluzione di sviluppo contenenti TMAH. Considerata la presenza dell'industria E&S in Europa, si può stimare che questa utilizzi più di 250,000 tonnellate/anno di TMAH diluito e più di 2 milioni di tonnellate/anno siano usate dal settore E&S nel mondo. Ne consegue che una quantità rilevante di acque di scarico contenenti TMAH sono generate nel mondo considerato il solo settore E&S.

Tale sostanza è altamente alcalina, priva di colore o al più leggermente gialla con proprietà tossiche di rilievo sia per gli esseri umani che per l'ambiente. L'eco-tossicità del TMAH è riportata dal sito ECHA (Dossier registrato 10763/2/1) nel quale essa viene identificata come "Tossica per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata" (H411). La normativa Europea, non fissato alcun limite per le acque industriali (i.e. valore limite di concentrazione allo scarico) contenenti TMAH. Inoltre, il TMAH ricade nelle categorie di "Sostanze che hanno influenza avversa al bilancio di ossigeno" (misurato da parametri quali BOD, COD) e quelle "che contribuiscono all'eutrofizzazione" in accordo alla Direttiva quadro sulle acque 2000/60/EC (Allegato VIII). Prendendo a riferimento l'NOEC (No Observed Effect

### 1- WHY THE BITMAPS PROJECT

Among its applications, TMAH (Tetramethyl ammonium hydroxide CAS NUMBER 75-59-2) is used as developer and silicon etchant in the electronics and semiconductor industry; metal manufacturing as aqueous cleaners; plastic manufacturing as additives; resource and extraction of gas; in a variety of products and industries as raw material (e.g. in cosmetics, chemical manufacturing, production of metals, etc); as oxidation agent; and Ink, toner, and colorant products.

The E&S (electronics & semiconductors) industry uses a large amount of developer containing TMAH. Taking into account the size of E&S European industrial sector, it can be estimated that more 250,000 tons /year of diluted TMAH solutions are used and more than 2mln tons/year by the E&S worldwide sector. Hence, a very relevant amount of wastewater containing TMAH is generated worldwide just considering the E&S industry.

This substance is high alkaline and colorless to light yellow with relevant toxic properties for humans and environment. The ecotoxicity of TMAH is reported by ECHA website (registered-dossier 10763/2/1 ) where it is identified as "Hazardous to the aquatic life with long lasting effects" (H411). No emission limit value (i.e. concentration value at discharge) has been set for wastewater containing TMAH by EU regulation. Furthermore, TMAH falls under the categories of "Substances which have an unfavorable influence on the oxygen balance" (measured using parameters such as BOD, COD, etc.) and "Substances contributing to eutrophication" according to the EU Water Framework Directive 2000/60/EC (Annex VIII). Taking as reference the NOEC (No Observed Effect Concentration) for the TMAH, the



This Project receives funding from the European Union Life Program Under Grant Agreement N. LIFE 15 ENV/IT/000332



Concentration) del TMAH, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) - (Istituzione tecnico-scientifica del ministero della Salute), ha suggerito di perseguire un valore di 0.4 mg/L in fognatura e di 0.2 mg/L in acque superficiali come limiti di scarico. Sulla base della precedente nota tecnica, l'autorità ambientale della regione Abruzzo ha richiesto a LFoundry (azienda di semiconduttori con sede in Italia) di investigare soluzioni percorribili per la riduzione della concentrazione di TMAH ai suoi scarichi industriali. La problematica è di chiara rilevanza europea dato che molte industrie sintetizzano ed utilizzano il TMAH per le proprie applicazioni. Pertanto, un trattamento innovativo delle acque di scarico contenenti tale contaminante, rappresenta una sfida significativa per l'industria E&S in Europa che deve essere perseguita per garantire la salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee. Il progetto BITMAPS ha sviluppato una tecnologia pilota sostenibile ed interconnessa con altri impianti di trattamento acque del sito industriale in grado di effettuare un efficace abbattimento del TMAH, mediante la sua biodegradazione aerobica ed il simultaneo trattamento chimico fisico di altri tipi di acque di scarico derivanti dal processo di manifattura di dispositivi a semiconduttore.

Istituto Superiore di Sanità (ISS) - "National Institute of Health" (the technical-scientific body of the Italian Ministry of Health) recommended to target a value of 0.4 mg/L in sewage and a value of 0.2 mg/L in water bodies as discharge limits. Upon the above technical note, in turn, the Environmental Authority of Abruzzo region recommended to LFoundry (semiconductor industry operating in Italy) to investigate viable solutions for reducing the TMAH concentration on its plant. The problem is clearly of European relevance, in fact many industries synthesize and use TMAH for several applications. Advanced treatment of such industrial wastewaters represents a key challenge for the European E&S industry to be improved for safeguard of surface and groundwater quality. BITMAPS has developed a sustainable pilot technology, interconnected with the industry wastewater treatment plants, capable to provide an effective abatement of TMAH at the final discharge through its aerobic biodegradation simultaneously providing a chemical-physical treatment for other wastewaters resulting from the semiconductor process.







## 2- ATTIVITA` DISSEMINAZIONE CONDOTTE DURANTE IL CORSO DEL PROGETTO

Le attività di disseminazione hanno avuto un ruolo fondamentale per il successo del progetto. La strategia di disseminazione implementata per promuovere i goal ed i risultati del progetto BITMAPS è stata conseguentemente variegata al fine di raggiungere il più alto numero di potenziali end-users, dagli stakeholders su scale europea e nazionale, fino alla comunità scientifica ed il pubblico in generale. Le principali attività di disseminazione condotte sono qui di seguito riportate:

✓ **Project website**

Il sito web è stato predisposto in lingua inglese, aggiornato e migliorato regolarmente con le informazioni riguardanti lo sviluppo del progetto, inclusa una dettagliata definizione dei goal, dei risultati attesi, garantendo la disponibilità della documentazione prodotta con una sezione dedicata ai progressi del progetto ed una galleria fotografica. I documenti associati al progetto sono scaricabili dal sito web.

✓ **Pieghevole, poster , noticeboard, newsletters e video**

Tutti questi strumenti sono stati realizzati e resi disponibili per essere scaricati dal sito web. Le noticeboard sintetizzano gli obiettivi principali del progetto e sono state impiegate nei vari eventi e ben visibili presso i siti operativi dei partner. I pieghevoli sono stati distribuiti durante le conferenze inerenti al progetto. Le Newsletters sono state regolarmente emesse e pubblicate sul sito web allo scopo di fornire aggiornamenti sui progressi del progetto, per attrarre quanto più interesse possibile e per promuovere i risultati raggiunti. È stato montato un video che rappresenta l'impianto pilota in funzionamento con lo scopo di mostrare visivamente la tecnologia di processo sviluppata.

## 2- DISSEMINATION ACTIVITIES CONDUCTED THROUGHOUT THE COURSE OF THE PROJECT

Dissemination activities have played a fundamental role in the success of the project. The dissemination strategy adopted to promote the goals and results of BITMAPS project has consequently been multi-factor, to reach the highest possible number of potential end-users, from stakeholders on a European, national and local scale to the scientific community and the general public. Relevant dissemination activities which have been implemented are listed below:

✓ **Project website**

The website has been arranged in English language, updated and maintained regularly with all the information concerning the project, including a detailed description of goals, expected results, documents produced with dedicated section on project progress and photo gallery. Documents associated to the project may be downloaded from the site.

✓ **Leaflets, posters, noticeboard, newsletters, video**

All these items have been designed, made available and uploaded onto the website. Notice Boards summarizing the main targets of the project, have been designed and put on display during the various events and are displayed at the Partners' facilities. Leaflet have been distributed during the Conferences arranged on the project. Newsletters have been regularly sent out and published on the website to provide updates on the progress of the project, to attract as much interest as possible, to promote the main project updates. A video of the Pilot Plant in operation has been assembled in order to demonstrate the developed process technology.

✓ **Networking**

Sono stati intrapresi contatti con altri progetti finanziati dall'Unione e predisposta una sezione specifica "networked projects" sul sito web.

Sono state intraprese attività di networking con ESIA (European Semiconductor Industry Association) che rappresenta il foro appropriato per promuovere e condividere i risultati del progetto per perseguire la futura replicazione della tecnologia sviluppata da BITMAPS.

✓ **Contatti con stakeholders e policy makers**

Sono stati stabiliti e mantenuti contatti con stakeholders e policy makers, al fine di promuovere il progetto e condividere i risultati attraverso gli eventi associati.

✓ **Layman's report e White paper**

Il Layman report è stato realizzato sia in formato cartaceo che elettronico. Questo rapporto include una breve descrizione del progetto, i goal, le problematiche incontrate nel suo corso nonché i risultati finali.

Il "*White paper on BAT for treatment of spent TMAH photoresist solution in semiconductor industries*" è un documento predisposto al fine di fornire le evidenze ai policy makers per la possibile accreditamento della tecnologia BITMAPS come "emerging technique" ed eventualmente come BAT.

✓ **Partecipazione a conferenze e seminari internazionali**

I risultati del progetto sono stati divulgate mediante una intensa partecipazione a conferenze/workshop di seguito riportati:

✓ **Networking**

Contacts with representatives of other projects funded by the EU have been taken arranging a specific section including the "networked projects" on the website.

Networking has been also established with ESIA (European Semiconductor Industry Association) which is the appropriate forum to promote and share the project results with the target of possible future replications.

✓ **Contacts with stakeholders & policy makers**

Contacts have been made and maintained with stakeholders and policy makers, to promote the project and events finalized to share the results.

✓ **Layman's report and White paper**

For the Layman's report both a paper copy and a digital version has been produced. The report includes a brief description of the project, its goals, the challenges faced during the project and its final results. The "*White paper on BAT for treatment of spent TMAH photoresist solution in semiconductor industries*" is a document written according the BAT format in order to provide evidences to policy makers for the possible accreditation of BITMAPS technology as "emerging technique" and eventually as BAT.

✓ **Participation at international conferences and seminars**

The project results have been promoted through an intensive participation to conferences/workshops reported hereafter:

● **EESD2017 (2017 International Conference on Energy, Environment, and Sustainable Development) April 21st -22nd 2017, Phuket, Thailand** – Presentation of the paper: "Kinetic study of aerobic degradation of tetramethylammonium hydroxide (TMAH) at room temperature" by – I.De Michelis, A.Di Renzo, M.Saraullo, F.Veglio' <http://www.eesd2017.org/>

● **Sixth International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics and SECOTOX conference, Thessaloniki, June 25th-30th, 2017.** Presentation of the poster: "Treatment of TMAH solutions from microelectronic industry: a combined process scheme " by Prisciandaro, Innocenzi, De Michelis, Tortora and Vegliò. <http://cemepe6.civil.auth.gr/>



This Project receives funding from the European Union Life Program Under Grant Agreement N. LIFE 15 ENV/IT/000332



- **Presentation of the Project at the Final Conference of the Photolife Project ("Process and automated pilot plant for simultaneous and integral recycling of different kinds of photovoltaic panels"), Rome July 24th, 2017.** – Title of the presentation: «Il progetto LIFE BITMAPS per la gestione di sostanze pericolose esauste quale opportunità di sviluppo sinergico tra privato ed istituzioni» by Ida De Michelis. – <http://www.photolifeproject.eu/>
- **Exhibition "Street Science" in l'Aquila September 29<sup>th</sup> 2017,** presentation of the BITMAPS Project. – <http://www.univaq.it/include/utilities/blob.php?item=file&table=allegato&id=2891>
- **Ninth Carbon Dioxide Utilization Summit, 18th-19th October 2017, Reykjavik, Iceland** – Presentation of the poster: "LIFE BITMAPS project for the biodegradation of Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH) in the wastewaters of semiconductor production: neutralization of waste by CO<sub>2</sub> in lab and pilot scale "by Saraullo, De Michelis and Vegliò. – <http://www.wplgroup.com/aci/wp-content/uploads/sites/2/2017/05/CCOe5MKT-Agenda.pdf>
- **Conference and school GRICU, 2016 in Anacapri (Napoli, Italy).** – Presentation of the poster: "Treatment of microelectronic wastewaters with Meuf: recovery of surfactant" by M. Prisciandaro, F. Tortora, V. Innocenzi. – <http://www.mcmcongressi.it/wpcontent/uploads/2016/06/Programma-23-giugno.pdf>
- **Eight World Congress and Expo on Recycling scheduled to be held on June 25th-26th, 2018 in Berlin, Germany.** – Presentation of the paper "Treatment of wastewater from microelectronic industry: process analysis of a combined process scheme" by Innocenzi, De Michelis, Tortora, Prisciandaro, Vegliò. – <http://recyclingexpoconference.blogspot.it/>
- **Eighth World Congress and Expo on Recycling June 25th-26th, 2018 in Berlin, Germany.** Presentation of the paper "Treatment of wastewater from microelectronic industry: process analysis of a combined process scheme", by Innocenzi, De Michelis, Tortora, Prisciandaro, Vegliò. <http://recyclingexpoconference.blogspot.it/>
- **16th International Conference on Environmental Science and Technology CEST2019, 4-7 September 2019, Rhodes, Greece.** Presentation of the paper "Aerobic degradation of tetramethyl ammonium hydroxide (TMAH) from effluents of semiconductor industries: kinetic studies of laboratory and pilot experiments" by V. Innocenzi, I. De Michelis, N. M. Ippolito, G. Mazziotti Di Celso, M. Prisciandaro, F.Vegliò. <http://cest2019.gnest.org/>
- **ISER- International Conference on Chemical and Environmental Science (ICCES-2019), 2019, Auckland, New Zeland.** Presentation of the paper "Integrated biological and chemical process to treat wastes of electronic industries: the European Project Life Bitmaps", by F. Vegliò, V. Innocenzi, I. De Michelis, S. Zueva, F. Ferella, M. Prisciandaro.
- **Convegno Gricu, Il contributo dell'Ingegneria Chimica Italiana alla sostenibilità globale, 2019 in Palermo, Italy.** Presentation of the paper "Processi a basso impatto ambientale per la degradazione di tetrametil-ammina" by V. Innocenzi, I. De Michelis, N. M. Ippolito, S. Zueva, M. Prisciandaro, F. Vegliò. <http://www.mcmcongressi.it/wp-content/uploads/2019/06/ProgrammaGRICU-2019.pdf>
- **International Conference on Chemical and Biochemical Engineering (ICCBE), 2019 in Manila, Philippines.** Presentation of the paper "Biodegradation of TMAH (Tetramethyl ammonium hydroxide) in semiconductor industries (Life Bitmaps project): pilot plant design, preliminary tests and process analysis" by V. Innocenzi, I. De Michelis, S. Zueva, V. Corradini, N. M. Ippolito, F. Vegliò
- **International Society for Engineers and Researchers. International conference on Education and Social Science (ICISS), 2019 in Stockholm, Sweden.** Presentation of the paper "Aerobic biodegradation of Spent TMAH (Tetramethyl Ammonium Hydroxide) and Photo Resist Solution in Semiconductor industries (LIFE BITMAPS Project): Lab- Scale Tests and Preliminary Process Analysis", by I. De Michelis, V. Innocenzi, F. Ferella, F. Vegliò.
- **ESIA bi-annual meeting of the ESIA "ESH & sustainability working group held on 03/04/2019.** Presentation available on the project website F. Vegliò, Guglielmo Iuliano.
- **1st Specialized Exhibition of Equipment, Materials and Technologies for Wastewater Purification and Waste Disposal "Territory Environment 2019" held in Sochi, Russian Federation April 25-27, 2019** Oral Presentation of "Integrated solutions in municipal and industrial wastewater treatment" by I. De Michelis



This Project receives funding from the European Union Life Program Under Grant Agreement N. LIFE 15 ENV/IT/000332



- **17th International Waste Management and Landfill Symposium September 30 - October 04, 2019, Forte Village, Cagliari, Italy.** Presentation of the paper “Effect of high concentration of tetramethyl ammonium hydroxide on the biological kinetic of sewage sludge” by I. De Michelis, S.B. Zueva, V. Corradini, V. Innocenzi, N.M. Ippolito, M. Prisciandaro

- **LIFE Waste-Water Treatment Platform Meeting - Barcelona on 29 - 30 January. (2020)**  
Short Presentation of “Life BITMAP Project-Pilot technology for aerobic Biodegradation of spent TMAH Photoresist solution in Semiconductor industries” by I. De Michelis

- **9th CISAP, International Conference on Safety & Environment in Process & Power Industry, Settembre 2020, Venezia, Italy.** Presentation of the paper “Safety analysis of industrial wastewater pilot plant for the removal of pollutants from microelectronic industry effluents” by V. Innocenzi, I. De Michelis, M. Prisciandaro, G. Iuliano, F. Vegliò. <https://www.aidic.it/cisap9/>

✓ **Conferenze del progetto**  
La conferenza di apertura e quella finale del progetto sono state organizzate per divulgare le conoscenze acquisite ed I risultati a partners, stakeholders e pubblico in generale.

✓ **Conferences dedicated to the project**  
Kickoff workshop and Final conference of the project were organized to promote the knowledge acquired and results to partners, stakeholders and general public.

- **Workshop for the presentation of the BITMAPS Project held at the University of L’Aquila, May 31<sup>st</sup> 2017. Title of the Workshop: “Sinergie tra ricerca e industria”.** A publication of the workshop on University Socials (Facebook page, web page) and on local newspaper was made. – Workshop program : <http://www.univaq.it/include/utilities/blob.php?table=evento&id=722&item=programma>

- **Final Conference of BITMAPS project held at LFoundry premises in Avezzano (AQ) September 17<sup>th</sup> 2020.** Workshop presentations available on the project website.

✓ **Articles/Publications:**  
I risultati di progetto sono stati disseminati tramite varie pubblicazioni nel corso della sua durata:  
– 7 Comunicati stampa presso giornali locali durante le varie fasi di progetto  
– 3 Pubblicazioni scientifiche i cui riferimenti sono qui di seguito riportati:

✓ **Articles/Publications:**  
**Project has been also disseminated through various publications along its duration:**  
– 7 Press release in local daily newspapers made along the project phases  
– 3 Scientific paper reported here below:

- **Scientific paper: “Effect of the hydrodynamic cavitation. for the treatment of industrial wastewater” by Innocenzi, V., Prisciandaro, M., Vegliò** published on the Journal Chemical Engineering Transactions (2018), 67, 529-534; orally presented to the Congress AIDIC – Milano September 2018 . <https://www.aidic.it/cisap8/papers/39innocenzi.pdf>

- **Scientific paper: “Aerobic Treatment of Waste Process Solutions from the Semiconductor Industry: From Lab to Pilot Scale”,** by F. Ferella, V. Innocenzi, S. Zueva, V. Corradini, N.M. Ippolito, I.P. Birloaga, I. De Michelis, M. Prisciandaro, F. Vegliò. Sustainability 11 (2019), 3923; <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/14/3923>

- **Scientific paper: “Treatment of TMAH solutions from microelectronic industry: a combined process scheme”** by V. Innocenzi, S. Zueva, M. Prisciandaro, I. De Michelis, A. Di Renzo, G. Mazziotti di Celso, F. Vegliò, Journal of Water Process Engineering 31 (2019) 100780. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714418302071>

### 3- I RISULTATI DEL PROGETTO

#### 3.1 Risultati tecnici

È stata studiata in scala di laboratorio la biodegradazione aerobica delle acque contenenti TMAH e fotoresist (PR) inoculando fango attivato proveniente dall'impianto a fanghi attivi presente presso il sito industriale della LFoundry. Oltre al suddetto trattamento del TMAH, col progetto si è inteso trattare, con un approccio integrato e tramite l'impiego di un impianto pilota (realizzato entro due containers ed installato presso il sito LFoundry), anche altre tipologie di acque industriali provenienti dal processo del semiconduttore (denominate BOE e SEZ) caratterizzate da alte concentrazioni di inquinanti (i.e. fluoruri, acidi organici e inorganici) impiegando processi chimici. I flussi in uscita dai trattamenti menzionati sono stati avviati all'impianto di trattamento biologico (WWT) esistente presso il sito per la rifinitura finale (riduzione di  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ). I risultati sperimentali sono stati anche utilizzati per definire il modello cinetico e stechiometrico della biodegradazione associata ai microorganismi selezionati, definendo altresì la configurazione ottimale della sezione biologica dell'impianto pilota.

Con i trattamenti proposti, si è ottenuta una biodegradazione del 99% TMAH ed allo stesso tempo una riduzione del 99% dei fluoruri e dei fosfati per BOE e SEZ. Considerati i risultati raggiunti, il processo proposto è stato oggetto di patente (*ref. IT201700003185A1 Process and plant for TMAH and other compounds removal from electronic industries wastewater*).

#### 3.2 Process Analysis and LCA

I risultati degli esperimenti condotti tramite l'utilizzo del pilota, sono stati impiegati per definire la configurazione ottimale di un impianto di taglia industriale (Business Case) per la biodegradazione della soluzione contenente TMAH/PR e per trattare

### 3- RESULTS OF THE PROJECT

#### 3.1 Technical Results

The aerobic biodegradation of TMAH and photoresist (PR) wastewater has been studied at the laboratory scale inoculating activated sludge coming from existing active sludge plant in use at the LFoundry industrial site. Besides the TMAH treatment, other some selected waste spent solutions (noted as BOE and SEZ) having high concentration of pollutants (i.e. fluorides, inorganic and organic acid) by chemical processes were also treated with an integrated approach by utilizing a pilot plant which had been built in two containers installed at the LFoundry site. All the output streams of the mentioned above treatments were sent to an existing wastewater biological treatment plant (WWT) at site for their final polishing (reduction of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ ). The experimental results have been also used to define the kinetic and stoichiometric model of biodegradation associated to the selected microorganism and define as well the optimal configuration of the biological pilot plant. 99% TMAH degradation has been obtained thorough the proposed treatment and at the same time 99% of reduction of fluorides and phosphates have been achieved for BoE and SEZ. Considering the achieved results, the proposed process was patented (*ref. IT201700003185A1 Process and plant for TMAH and other compounds removal from electronic industries wastewater*).

#### 3.2 Process Analysis and LCA

The results of the pilot experiments have been used to define the optimal configuration for a full-scale plant for biodegradation of TMAH/PR solution and to treat the other two effluents (BOE and SEZ) by using dedicated

gli altri due effluenti (BOE e SEZ) impiegando impianti appositamente dedicati allo scopo. Sulla base dei consumi dei materiali e dell'energia, è stato completato il Life Cycle Assessment seguendo le raccomandazioni degli standard ISO 14040 and 14044:2006. Confrontando la tecnologia innovativa proposta e l'opzione attualmente in uso presso lo stabilimento LFoundry ha mostrato come l'intero processo riduca significativamente l'impatto ambientale (più del 50%).

### 3.3 Analisi dei costi e Fattibilità economica

È stata condotta anche un'analisi di Life Cycle Cost (LCC) per investigare sulla fattibilità economica della tecnologia proposta per il Business case. OPEX e CAPEX sono state definite per l'impianto su scala industriale. Il Direct Fixed Capital (DFC) si è stimato essere circa 900,000.00 €. Inoltre, i maggiori contributi per OPEX sono associati al consumo energetico (principalmente dovuto al trattamento del TMAH) seguito dai costi di smaltimento per i solidi residui derivanti dal trattamento di SEZ e BOE. Adottando la metodologia LCC si è stimato il costo di trattamento pari a: 33.31 €/m<sup>3</sup> per l'effluente contenente TMAH (costo unitario attuale pari a 45.6 €/m<sup>3</sup>); 228.35 €/m<sup>3</sup> per l'effluente denominato BOE (costo unitario attuale pari a 253.68 €/m<sup>3</sup>), 564.70 €/m<sup>3</sup> per l'effluente denominato SEZ (costo unitario attuale pari a 581.78 €/m<sup>3</sup>). Per un impianto di taglia industriale in grado di trattare tutte e tre le tipologie di acque industriali derivanti dal processo si è stimato un "payback time" di circa sei anni con un "Valore attualizzato netto" di € 479.318,14.

La seguente tabella riporta in sintesi i principali risultati dal punto di vista tecnico, ambientale ed economico per la fattibilità di un impianto di scala industriale che adotti la tecnologia proposta.

plant section (Business Case). Upon the estimation of the consumption for materials and energy, Life Cycle Assessment has been carried out following the recommendations of ISO 14040 and 14044:2006 norms. The comparison between the innovative proposed technology and the current option used at the LFoundry industrial site showed that the whole process strongly reduces the environmental impact (more than 50%).

### 3.3 Cost Analysis and Economical Feasibility

The Life Cycle Cost (LCC) analysis has been also performed in order to investigate the economic feasibility of the proposed technology (Business case). OPEX and CAPEX have been defined for a full-scale plant. The Direct Fixed Capital (DFC) is estimated to be about 900,000.00 €. Moreover, the major contributions for OPEX are related to the energy consumption (mainly for the treatment of TMAH) followed by the disposal cost of the residual solid of SEZ and BOE. Using LCC methodology the treatment cost has been estimated: 33.31 €/m<sup>3</sup> of TMAH effluent (actual treatment unitary cost is 45.6 €/m<sup>3</sup>); 228.35 €/m<sup>3</sup> of BOE effluent (actual disposal cost is 253.68 €/m<sup>3</sup>), 564.70 €/m<sup>3</sup> of SEZ effluent (actual disposal cost is 581.78 €/m<sup>3</sup>). For the full-scale plant arranged to treat all the three effluents, an actualized payback time of around six years has been estimated with a net present value of € 479.318,14.

The following table summarizes the main results in terms of technical, environmental and economic feasibility of the proposed full-scale technology.

	Actual disposal cost	Life Bitmaps Technology
TMAH and photoresist	45.62 €/ton	33.31 €/ton
BOE	253,68 €/ton	228,35 €/ton
SEZ	581,78 €/ton	564,70 €/ton

Table 1: Comparison between the actual disposal cost and total cost of the Life Bitmaps technology

	Treatment efficiency	Environmental results*	Economic savings*
TMAH and photoresist	99%	90%	27%
BOE	>99%	5%	10%
SEZ	>99	5%	3%
All effluents		50%	38%

Table 2: Main results of the Life Bitmaps project

(\*compared to the actual treatment and disposal approach at the LFoundry site)

### 3.4 The commercialization plan

Nell'ambito del progetto è stato proposto un piano per commercializzare le attività di valorizzazione della tecnologia. Il principale obiettivo di queste attività è quello di definire tutte le azioni adeguate alla commercializzazione dei risultati di BITMAPS anche in vista di possibili ulteriori attività di ottimizzazione della tecnologia. Come target potenziale, sono state considerate le industrie della microelettronica (stakeholders che risiedono fondamentalmente in Europa) per definire le richieste di mercato associate alla valorizzazione della tecnologia proposta. La difficoltà più significativa che rende difficoltoso l'impiego dei risultati raggiunti, è rappresentato dalla limitata normativa ambientale in EU per il TMAH. Al successivo paragrafo 4.7 viene indicato il possibile percorso per la predisposizione di una uniforme ed apposita normativa riguardo le emissioni di TMAH. La tavola seguente sintetizza i vari elementi ed il contest per la tecnologia BITMAPS in relazione alle azioni per la sua potenziale commercializzazione.

### 3.4 The commercialization plan

The BITMAPS project has proposed a commercialization plan for the exploitation activities. The main goal of these exploitation activities is to define all the suited actions for the commercialization of BITMAPS results even thinking to other optimization activities. As potential target, the microelectronic industries (stakeholders mainly located in EU) have been considered to define the market requirement for the exploitation of the proposed technology. The main gap that hinder the use of the obtained results is the poor environmental regulation presently in force in EU regarding TMAH. The following paragraph 4.7 indicates the opportunity to pursue the arrangement of a uniform and appropriate regulation on TMAH emissions. The following Table summarizes the various elements and the context for the LIFE BITMAPS technology in relation to its potential commercialization actions:



This Project receives funding from the European Union Life Program Under Grant Agreement N. LIFE 15 ENV/IT/000332



PRODUCT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R&amp;D services including TMAH reuse and its integration with the LIFE BITMAPS technologies. The reuse option excluding companies adopting “High grade” processing materials, could be interesting for the TMAH “low grade” market applications (KER 1)</li> <li>- Customized turn-key pilot and industrial plants (KER 2)</li> </ul>
PRODUCT REQUIREMENTS	Adaptability and Scalabilities for several TMAH wastewaters and wastes of LIFE BITMAPS’s technologies
SUCCESS FACTORS VS CUSTOMERS	Huge annual disposal cost for customer; Potential Eco-toxicity at the industrial/sewage drains: need of pre-treatment; Sewage treatment plant available at customers.
CUSTOMERS	Semiconductors; Photovoltaic; Flat Panel Display (FPD); Printed Circuit Board Industry; Plating and surface treating
TMAH MANUFACTURES	SACHEM, MERK many others
COMPETITORS/ALTERNATIVES	SACHEM has developed a technology (Mobius system) for reuse of TMAH (wastewater coming from photolithographic process). Other patents (reported within the commercialization plan).
TMAH	TMAH is manufactured or imported in EU area in 1,000-10,000 tons per year (ECHA) WW production of TMAH as a pure substance increased from 190,386 MT in 2014 to 252,089 MT in 2018. A recent market report shows that global TMAH market size will increase to 1180 Million US\$ by 2025, from 950 Million US\$ in 2018, at a CAGR of 3.2% during the forecast period
POLICIES	Poor regulation about TMAH as pollutant at EU Level

Una SWOT analisi associate all’attività di commercializzazione è riportata qui di seguito:	A SWOT analysis related to the commercialization is reported here below:
<b>STRENGTH</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BITMAPS</li> <li>• Pilot Plant</li> <li>• Know-How and IPR</li> <li>• Demonstration in an Industrial Area</li> <li>• Reserch and Industrial Teams</li> <li>• Financial Channels</li> <li>• Sustainability</li> </ul>	<b>WEAKNESS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delay in the application in LF</li> <li>• Organization of the team</li> <li>• Need to reduce CAPEX (major optimization)</li> <li>• Need to reduce OPEX (major optimization)</li> <li>• How to protect IPR</li> <li>• Actual poor regulation of TMAH (no concentration limit value)</li> </ul>
<b>OPPORTUNITIES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interest for the projetc (ESIA)</li> <li>• Contact with SACHEM</li> <li>• EU regulation on TMAH contribution</li> <li>• Reduction of microchips costs</li> <li>• Integration between recovery and treatment of TMAH</li> </ul>	<b>THREATS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Other reserchers in TMAH recovery</li> <li>• Microchips market delocalization</li> <li>• Reduction of TMAH’s disposal cost</li> </ul>



Dalle attività di ricerca e di dimostrazione completate nell'ambito di LIFE BITMAPS mediante l'adozione di un modello Canvas sono stati identificati due possibili (Key Exploitable Results):  
 KER 1 – Servizi di ricerca per compagnie industriali (Service oriented business)  
 KER 2 – Realizzazione di impianti pilota/industriali per la biodegradazione del TMAH (Product oriented business)

È stato predisposto un dettagliato action plan (struttura organizzativa per le attività di valorizzazione) a scopo di commercializzazione prevedendo i seguenti elementi ed aspetti principali:

1. Definizione dell'organizzazione
2. Struttura commerciale e gestione ordini
3. Contratto e responsabilità. Aspetti finanziari
4. Costruzione tecnica, installazione, formazione, commissioning and start-up
5. Ricerca & Sviluppo
6. Realizzazione del sito Web (disseminazione e contatto clienti)

### 3.5 Politiche ambientali: il White Paper

Sulla base dei risultati raggiunti e considerato in particolare il TRL (Technology Readiness Level) dimostrato con lo sviluppo di BITMAPS, è stato predisposto un white paper ("*White paper on BAT for treatment of spent TMAH photoresist solution in semiconductor industries*") nel formato richiesto per le BAT con il fine preciso di intraprendere una procedura per l'accreditamento della tecnica di biodegradazione del TMAH come "Emerging Technique" ed eventualmente come BAT.

Per il suddetto obiettivo, i risultati del progetto incluso il White Paper, sono stati inoltrati alle autorità ambientali regionali e nazionali che possono aver interesse ad uniformare il limite di concentrazione del TMAH allo scarico in corpi

From the research and demonstration activities carried out within LIFE BITMAPS through the adoption of a Canvas Mode, two possible KER (Key Exploitable Results) have been identified:

KER 1 - Research services for industrial companies (Service oriented business)  
 KER 2 - Realization of pilot and/or industrial plant for TMAH biodegradation (Product oriented business)

A detailed action plan (organization structure for the exploitation activities) was arranged for commercialization purpose by including the following main elements and aspects:

1. Management organization
2. Commercialization structure and management of the order
3. Contract and liability. Financial items
4. Technical construction, installation, training, commissioning and start-up
5. Research & Development
6. WEB site construction (dissemination and contact with customers)

### 3.5 Environmental Policies: The White Paper

Upon the project results and considering in particular the TRL (Technology Readiness Level) achieved through BITMAPS, a white paper ("*White paper on BAT for treatment of spent TMAH photoresist solution in semiconductor industries*") was arranged as a document in the format recommended for BAT with the ultimate scope to undertake a proceeding aimed to the recognition of the TMAH treatment proposed by BITMAPS as "Emerging Technique" and eventually as BAT. For the above objective, project results, including the white paper have been submitted to the regional and national environmental authorities that might have interest to uniform the TMAH concentration

idrici superficiali per le autorizzazioni ambientali e promuovere il nuovo processo di trattamento come “Emerging technique”. Pertanto, il White Paper è inteso come uno strumento per una proficua interazione con l’IPPC Bureau col fine dell’accreditamento della tecnologia sviluppata ed il consolidamento della normativa sulle emissioni industriali che rappresenterebbero entrambi un propellente efficace per la futura attività di commercializzazione dei risultati raggiunti. Il White Paper è disponibile sul sito web del progetto e ne rappresenta una espressa deliverable.

limit for surface waters in view of the industry IPPC permits as well promoting the new treatment process as “emerging technique”. Thus, the white paper represents a tool aimed to allow an effective interaction with the IPPC Bureau for the accreditation of the developed technology and consolidate the regulation on industry emissions which would represent an effective fuel for future commercialization activity of BITMAPS results. The white paper is available on the project website and provided as project deliverable.



#### 4 - AFTER LIFE PLAN

Le iniziative definite nell'ambito dell'After-Life plan sono qui di seguito descritte:

##### 4.1 Valorizzazione del KER 1

Le principali attività di servizi R&D per il KER 1 sono:

- # Studio di prefattibilità per valutare la convenienza per adattare la tecnologia BITMAPS alle acque industriali da trattare.
- # Test su scala di laboratorio per ottimizzare il processo alle specifiche necessità della compagnia cliente;
- # Test su impianto pilota per verificare gli aspetti tecnologici del processo e valutare la qualità dei prodotti finali (anche affittando il pilota esistente - senza per questo generare profitto);
- # Studio di fattibilità complete di action plan con le indicazioni di stima per tutti i costi CAPEX ed OPEX. Il Business Plan stimato per KER 1 viene proposto nella tavola sottostante:

#### 4 - AFTER LIFE PLAN

The initiative defined within the After-Life plan are described hereafter:

##### 4.1 Exploitation of KER 1

The main R&D activities service for KER 1 are:

- # Prefeasibility study to evaluate the value for money to adapt BITMAPS technology to the available industrial wastewaters .
- # Lab-scale test to optimize the process for the specific company's need;
- # Pilot plant tests to assess technological aspects of the process and to evaluate the quality of final products (even renting the existing pilot plant – without generating a profit for this);
- # Feasibility study with an action plan including all CAPEX/OPEX costs estimation. The estimated BP for KER 1 has been proposed in the table below:

KER 1	Description	2021	2022	2023	2024	2025	Total
Products N°	R&D and profitability analysis	1	2	3	3	2	11
	Personal (ext) (35 kt/person) N°	1.50	1.50	2.50	2.50	2.50	10.5
	Personal (int.) (50 kt/person) N°	0.70	1.40	2.10	2.10	1.40	7.7
Costs	Personal Cost	€ 87,500.00	€ 122,500.00	€ 192,500.00	€ 192,500.00	€ 157,500.00	€ 752,500.00
	Investment	€ 20,000.00	€ 20,000.00	€ 30,000.00	€ 30,000.00	€ 30,000.00	€ 70,000.00
	Consumable	€ 5,000.00	€ 10,000.00	€ 15,000.00	€ 15,000.00	€ 10,000.00	€ 55,000.00
	Overheads	€ 48,214.29	€ 38,125.00	€ 54,375.00	€ 54,375.00	€ 44,375.00	€ 239,464.29
	Total Cost	€ 160,714.29	€ 190,625.00	€ 271,875.00	€ 271,875.00	€ 221,875.00	€ 1,116,964.29
Revenues	R&D and profitability analysis	€ 208,928.57	€ 247,812.50	€ 353,437.50	€ 353,437.50	€ 288,437.50	€ 1,452,053.57
	Royalties (initial fee)	€ 20,000.00	€ 40,000.00	€ 60,000.00	€ 60,000.00	€ 40,000.00	€ 220,000.00
Profit	Revenues - Costs	€ 68,214.29	€ 97,187.50	€ 141,562.50	€ 141,562.50	€ 106,562.50	€ 555,089.29
New Job Position	New Researchers (Research Assistant)	1.50	1.50	2.50	2.50	2.50	10.5
Customers	Segment	a. TMAH users b. TMAH producers	a. TMAH users b. TMAH producers	a. TMAH users b. TMAH producers	a. TMAH users b. TMAH producers	a. TMAH users b. TMAH producers	
Next step to launch products	Dissemination by WEB	1	1	1	1	1	5
	Dissemination by Workshop	1	1	1	1	1	5
	Dissemination by Pilot Plant Visits	2	2	2	2	2	10

##### 4.2 Valorizzazione del KER 2

Le principali attività di servizi R&D per il KER 2 are:

- # Attività di Ingegneria di Processo
- # Definizione dettagliata dell'ingegneria

##### 4.2 Exploitation of KER 2

The main activities considered for KER 2 are:

- # Process engineering activities
- # Detailed engineering definition

# Stima dei costi CAPEX ed OPEX mediante appropriate simulazioni  
 # Costruzione, commissioning, training e start-up

La tavola seguente riporta un sommario del Business Plan preliminare per il KER 2:

# CAPEX and OPEX cost estimation through appropriate simulations  
 # Construction, commissioning, training and start-up

The following Table reports a summary of a preliminary BP for KER 2:

KER 2	Description	2021	2022	2023	2024	2025	Total	
Products N°	Pilot Plant	1	1	1	0	0	3	
Products N°	Industrial Plant	0	0	1	1	1	3	
Costs	Personal (ext.) (35 kt/person) N°	0.70	0.70	2.70	2.00	2.00	8.1	
	Personal (int.) (50 kt/person) N°	2.00	2.00	6.00	4.00	4.00	18	
	Personal Cost	€ 124,500.00	€ 124,500.00	€ 394,500.00	€ 270,000.00	€ 270,000.00	€ 1,183,500.00	
	Investment	€ 50,000.00	€ 50,000.00	€ 50,000.00	€ 50,000.00	€ 50,000.00	€ 250,000.00	
	Equipments	€ 300,000.00	€ 300,000.00	€ 1,500,000.00	€ 1,200,000.00	€ 1,200,000.00	€ 4,500,000.00	
	Overheads	€ 203,357.14	€ 118,625.00	€ 486,125.00	€ 380,000.00	€ 380,000.00	€ 1,568,107.14	
	Total Cost	€ 677,857.14	€ 593,125.00	€ 2,430,625.00	€ 1,900,000.00	€ 1,900,000.00	€ 7,501,607.14	
	Revenues	Turnkey plants selling	€ 881,214.29	€ 771,062.50	€ 3,159,812.50	€ 2,470,000.00	€ 2,470,000.00	€ 9,752,089.29
	Royalties (average fro 5 years)	€ 44,060.71	€ 38,553.13	€ 157,990.63	€ 123,500.00	€ 12,350.00	€ 376,454.46	
	Profit	Revenues - Costs	€ 247,417.86	€ 216,490.63	€ 887,178.13	€ 693,500.00	€ 582,350.00	€ 2,626,936.61
New Job Position	New Researchers (Research Assistant)	0.70	0.70	2.70	2.00	2.00	8.10	
Customers	Segment	a. TMAH users	a. TMAH users	a. TMAH users	a. TMAH users	a. TMAH users		
		b. TMAH producers	b. TMAH producers	b. TMAH producers	b. TMAH producers	b. TMAH producers		
Next step to launch products	Dissemination by WEB	1	1	1	1	1	5	
	Dissemination by Workshop	1	1	1	0	0	3	
	Dissemination by Pilot Plant Visits	2	2	1	0	0	5	

#### 4.3 Ottimizzazione continua del processo (Attività R&D aggiuntive)

L'ottimizzazione continua dei risultati raggiunti con LIFE BITMAPS rappresentano una rilevante opportunità per le attività After-Life allo scopo di migliorare la sostenibilità del processo riducendo allo stesso tempo i costi per CAPEX and OPEX. È in fase di studio una ulteriore configurazione tramite la quale, impiegando una tecnologia a membrane accoppiata con l'unità definita con il progetto LIFE BITMAPS, risulta possibile ottimizzare la progettazione del processo e conseguentemente la sua efficacia. La suddetta idea in fase di studio potrebbe portare un miglioramento al brevetto già in essere.

Inoltre, il trattamento di questa tipologia di acque industriali potrebbe essere associato al recupero del TMAH per il suo utilizzo in altre applicazioni industriali che accettino un TMAH con minor grado di purezza di quello usato in microelettronica.

#### 4.3 Continuous optimization of the process (additional R&D activities)

The continuous optimization of the LIFE BITMAPS's results represents a significant opportunity for the After-Life activities in order to improve the process sustainability reducing at the same time CAPEX and OPEX costs. A new process configuration is under study in which, by using membrane technologies coupled with the unit operations defined in the LIFE BITMAPS project, it's possible to optimize the process design and process effectiveness. The above idea under study could end-up with an improvement for the existing patent.

Moreover, the treatment of these wastewaters could be coupled with the recovery of TMAH for its use in other industrial applications with less requirements in terms of TMAH purity. Therefore, the two

Pertanto, le due linee di sviluppo che potrebbero essere sviluppate in futuro sono rispettivamente:

- # Considerare il recupero del TMAH da acque industriali per il suo riutilizzo in altre applicazioni (approccio della Economia Circolare);
- # Trattare le acque non recuperabili attraverso un processo LIFE BITMAPS migliorato introducendo la tecnologia a membrane;

L'impianto pilota esistente potrebbe essere modificato con l'idea di cui sopra e quindi essere impiegato anche per le attività del KER1 e KER 2 così come previsto nel Consortium Agreement del progetto BITMAPS ed appositamente predisposto per le attività "After-LIFE".

development lines which could be expected in the future are respectively:

- # To consider TMAH recovery from waste streams for its reuse in other application (Circular Economy approach);
- # To treat the not recoverable streams by an improved LIFE BITMAPS process introducing membrane technologies;

The existing pilot plant could be modified with the above idea and then used also for KER1 and KER 2 as foreseen in the BITMAPS Consortium Agreement issued and signed for the After-LIFE activities.

#### 4.4 Continuazione delle attività di disseminazione

Le attività di disseminazione avranno un ruolo chiave anche nel periodo After-LIFE al fine di accrescere la consapevolezza degli stakeholders in Europa riguardo gli aspetti ambientali messi in luce da BITMAPS. Esse risulteranno determinanti anche per la partecipazione a progetti EU prevista come descritto nel seguito di questo documento. Le iniziative pianificate durante il periodo "After Life" risultano rispettivamente:

- # Aggiornamento puntuale del website di progetto
- # Aggiornamento della mailing list e conseguente servizio di informazione verso gli stakeholders
- # Raccogliere i feedbacks da stakeholders tramite formati di valutazione per valutarne l'interesse nelle attività di sviluppo e commercializzazione
- # Distribuire Layman's Report, leaflet etc.
- # Organizzare eventi dedicati e visite presso l'impianto pilota con gli stakeholders per incoraggiare la replicazione e lo sviluppo di buone pratiche nel settore E&S

#### 4.4 Continuation in dissemination activities

Dissemination activities will be key also in the After-LIFE to improve the awareness of the EU stakeholders on the environmental aspects highlighted by BITMAPS. Dissemination will be functional also for the subsequent action reported in this After LIFE plan: participation to EU projects. Foreseen dissemination initiatives in the After Life are respectively:

- # Keep the project website regularly updated
- # Update the mailing list and following mailing services with stakeholders
- # Gathering feedbacks from stakeholders through a dedicated evaluation form to evaluate their interest in the development/commercialization activities
- # Distribute Layman's Report, leaflet etc.
- # Organize workshops and pilot plant visits for stakeholders to encourage replications and good practices by players of the E&S sector

#Realizzare nuove pubblicazioni in giornali internazionali specializzati sul tema ambientale  
 # Partecipazione a congressi e conferenze in Europa e nel mondo  
 Nel corso degli anni a venire sono state previste le seguenti iniziative di disseminazione:

# New publications in open access international journals  
 # Participation to European and international congresses and conferences  
 The following dissemination ventures are planned or under preparation for next years:

Publication of the following **scientific papers**:

- **Aerobic Microbial Populations' Shifts in Pilot-Scale Bioreactors Treating Tetramethylammonium hydroxide.** Francesco Ferella, Valentina Innocenzi, Giulio Moretti, Nicolò M. Ippolito, Ida De Michelis, Marika Pellegrini, Maddalena Del Gallo, Marina Prisciandaro and Francesco Vegliò – under review (will be published in “Sustainability”)
- **Tetra methyl ammonium hydroxide (TMAH) biodegradation from industrial wastewater produced in integrated circuit process production: pilot plant tests and kinetic analysis.** V. Innocenzi, I. De Michelis, N.M. Ippolito, S. Zueva V. Corradini, M. Prisciandaro, F. Vegliò – under submission (will be published in “Water Research”)
- **Social Life Cycle Assessment of an innovative industrial wastewater treatment plant.** Full author list: Luigia Petti, Prof.; Monica Serreli; Andrea Raggi; Alberto Simboli; Guglielmo Iuliano (will be published in “The International Journal of Life Cycle Assessment”)

Planned participation to the following incoming **conferences** :

- 1- International symposium on waste management and sustainable landfilling (Sardinia)-2021 – virtual event
- 2- International Scientific Conference on Efficient Production and Processing (Prague) -2021– virtual event
- 3- Ecomondo (Rimini)-2021
- 4- Digital Water summit (Bilbao)-2021
- 5- IWA World Water Congress & Exhibition (Copenhagen) – 2022
- 6- ICEBB 2022: 16. International Conference on Environmental Biotechnology and Bioremediation (Zurich) -2022
- 7- ICWMT 2022: 16. International Conference on Wastewater Management Technology (Oslo) -2022



<p><b><u>4.5 Partecipazione a progetti EU al fine di accrescere gli stakeholders europei</u></b></p> <p>Le iniziative indicate ai punti precedenti verranno indirizzate a supporto della partecipazione a progetti europei nell’ambito di possibili bandi (i.e. Horizon Europe). La partecipazione a detti bandi richiede usualmente un TRL adeguato ed i risultati raggiunti da LIFE BITMAPS costituiscono un valido punto di partenza per migliorare quanto raggiunto e per lo sfruttamento della tecnologia. Sebbene al momento non siano disponibili dettagli, Horizon Europe è comunque in fase di avviamento e verrà fatta un’analisi dei bandi disponibili.</p>	<p><b><u>4.5 Participation to EU projects to increase European stakeholders</u></b></p> <p>All the aspects described in the above will be addressed to support the participation to European Projects within different calls (i.e. Horizon Europe). The participation to these calls usually requires an appropriate TRL and the results of LIFE BITMAPS represent a suitable TRL from which to start in order to improve its achievements and exploitability. No details are presently available, however, as the Horizon Europe is starting, an analysis of possible suitable calls will be performed.</p>
<p><b><u>4.6 Monitoraggio dell’impatto del progetto ed effetti socioeconomici</u></b></p> <p>I beneficiari del consorzio BITMAPS continueranno a monitorare l’impatto del progetto ed i suoi effetti socioeconomici tramite i KPI.</p>	<p><b><u>4.6 Monitor the project impact and socio-economic effects</u></b></p> <p>BITMAPS beneficiaries will continue to monitor the project impact and its socio-economic effects, through KPIs.</p>
<p><b><u>4.7 Impegno per aggiornare il BREF di settore</u></b></p> <p>I beneficiari provvederanno, con il supporto delle istituzioni, al coinvolgimento dell’osservatorio per l’innovazione di IPPC ed il relativo Technical Working Group che sovrintenderà al processo di revisione della documentazione inerente BITMAPS, per considerare l’accreditamento della tecnologia sviluppata come “Emerging Technique” (definita dall’Articolo 3 della Direttiva 2010/75/UE). L’eventuale futura assegnazione di un TRL&gt;7 (Technical Readiness Level) da parte dell’Osservatorio per l’innovazione indicherebbe ad operatori e potenziali clienti che la tecnologia sviluppata è prossima alla commercializzazione. La documentazione di riferimento, incluso il White Paper, è stata fornita ad autorità regionali e nazionali ed istituzioni tecniche di supporto per una valutazione preliminare e fornire coordinamento per l’imminente interazione con l’IPPC Bureau.</p>	<p><b><u>4.7 Efforts to update the sector BREF</u></b></p> <p>The most relevant task for beneficiaries is to involve the IPPC Innovation Observatory and the related Technical Working Group that will oversee the review process to consider the accreditation as “Emerging Technique” for the developed technology according to the Article 3 of the Directive 2010/75/UE. An eventual future assignment of a TRL &gt; 7 (Technical Readiness Level) by the Innovation Observatory would indicate to operators/ customers that the developed technology is close to commercialization. Reference documents including the white paper, have been provided to regional/ national authorities as well as to their technical bodies for a preliminary assessment and get support for the upcoming interaction with the IPPC Bureau entity.</p>