



**POLITECNICO
DI TORINO**

Tesi di Laurea Magistrale

**Analisi delle tecnologie del trattamento
delle acque tramite dati brevettuali**

**Corso di Laurea Magistrale di Ingegneria Gestionale, Dipartimento di Ingegneria
Gestionale e della Produzione Industriale**

Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italia

Laureando: Enrico Pantone

Matricola: 233487

Relatore: Federico Caviggioli

Indice

1	Introduzione	4
2	Acque reflue: una risorsa non sfruttata	6
2.1	L'acqua nel mondo: disponibilità e qualità	6
2.2	Acque reflue: trend globali e aspetti tecnici del ciclo di gestione	10
2.3	Agenda 2030: programma per uno sviluppo sostenibile	12
2.4	Hydroaid e il progetto WATSAM	17
3	Sistemi di Depurazione	20
3.1	Prevenzione e riduzione dei carichi di inquinamento e generazione di acque reflue	20
3.2	Stato dell'arte della tecnologia e principali sistemi di depurazione	25
3.3	Acque reflue non trattate: impatti sull'ambiente	26
3.4	Caratteristiche dei sistemi di trattamento	28
4	Brevetti e Codici IPC	38
4.1	Brevetti	38
4.1.1	Un asset da proteggere e una risorsa da valorizzare	41
4.1.2	Rivendicare una priorità	42
4.1.3	I codici IPC	44
5	Metodo di Analisi	46
5.1	Panoramica generale	46
5.2	Segmentazione di Mercato	49
6	Elaborazione dei risultati	51
6.1	Trend e analisi	51
6.2	Università	69
6.3	GE – Suez e Kurita: trend e sviluppi tecnologie a confronto	71



7	Considerazioni finali e conclusioni	75
7.1	Trend e possibilità di riutilizzo delle acque reflue.....	75
8	Riferimenti Bibliografici e Sitografia	77



1 Introduzione

La maggior parte delle attività dell'uomo che prevedono l'utilizzo di acqua produce acque reflue; così come la domanda complessiva di acqua è in continua crescita, la quantità di acque di scarico generate e i carichi di inquinamento complessivi prodotti, sono in costante aumento in tutto il mondo. Tranne nei paesi più sviluppati, grandi quantità di acque reflue vengono rilasciate direttamente nell'ambiente senza adeguati trattamenti di depurazione, con impatti dannosi sulla salute dell'uomo, sulla qualità delle risorse ambientali di acqua dolce, su interi ecosistemi e sulla produttività economica.

Le acque reflue sono una componente molto critica del ciclo di gestione dell'acqua e troppo spesso sono state viste come un problema da ignorare perché troppo complesso da gestire; i risultati di questa negligenza portano ad oggi gravi conseguenze su diversi ambiti: impatti immediati, quali il degrado di ecosistemi acquatici e malattie trasmesse da fonti di acqua dolce contaminate, hanno implicazioni di vasta portata sul benessere delle comunità e sui mezzi di sostentamento delle persone. Di fronte ad una domanda di acqua dolce non contaminata in continua crescita, le acque reflue trattate adeguatamente stanno diventando una fonte alternativa affidabile a tale problema, spostando il paradigma della gestione delle acque reflue dal trattamento e smaltimento a quello del riutilizzo, riciclo e recupero delle risorse presenti nelle acque di scarico. In questo senso, le acque reflue non sono più viste come un problema la cui soluzione è da trovare, piuttosto sono parte integrante della soluzione alle sfide che i Governi stanno affrontando oggi: infatti, queste acque, se opportunamente lavorate, possono anche essere una fonte di energia pulita, efficiente ed economica, e si possono ricavare anche composti organici e nutrienti per l'agricoltura e altri sottoprodotti simili. Nel contesto di un'economia circolare, in cui lo sviluppo economico è bilanciato con la protezione delle risorse naturali e la sostenibilità ambientale, le acque reflue rappresentano una risorsa ampiamente disponibile ed estremamente preziosa.

Nello specifico, l'obiettivo della tesi è di costruire una base di competenze da un lato sui brevetti e sulle informazioni che si possono estrarre per determinare un patent landscape e dall'altro lato sulla tecnologia in questione, ossia il trattamento delle acque.

Un patent landscape mira alla ricerca ed analisi dell'innovazione e dell'attività brevettuale in un'area tecnologica o geografica; esso comprende la rielaborazione dei dati grezzi ricavati dalle ricerche per effettuare delle analisi circa i problemi tecnici relativi alla tecnologia in questione, studi sull'evoluzione dello stato dell'arte, analisi statistiche e interpretazioni. È un ottimo strumento di supporto per svariati ambiti: dai governi, agli stabilimenti di ricerca e sviluppo, alle università di tutto il mondo, in quanto è adattabile ai bisogni specifici degli utenti che ne fanno uso, tra cui: identificazione delle tecnologie di dominio pubblico, trasferimento di tecnologia e/o conoscenza, evitare duplicazioni di lavori già esistenti, stabilire collaborazioni, ottimizzare il portafoglio brevettuale, monitoraggio dell'attività concorrenziale.

Nello specifico, il patent landscape volgerà verso contenuti circa l'evoluzione storica della tecnologia del settore (trattamento e depurazione delle acque), distribuzione geografica dell'attività, i player principali di tale settore e come sono evoluti nel tempo, informazioni economiche riguardo al mercato e alla sua concentrazione.

Lato tecnologia in questione, dopo una rappresentazione della situazione mondiale relativa agli utilizzi delle acque reflue e la presentazione del problema della scarsità dell'acqua dolce in diverse zone mondiali tramite l'ausilio di report dell'Unesco e FAO, la ricerca è volta alla descrizione dei principali sistemi di depurazione e trattamento delle acque reflue esistenti ed è condotta attraverso articoli scientifici reperiti da testate scientifiche quali Scopus o Sciencedirect; l'utilizzo di database elettronici come Clarivate e il sito del WIPO, ovvero l'Organizzazione Mondiale per la Proprietà Intellettuale, hanno permesso la manipolazione ed elaborazione dei dati brevettuali sui quali svolgere i relativi studi.

Sono stati studiati, infatti, sia i trend di mercato dai primi anni 2000 fino ai giorni nostri, sia i dati relativi alle principali aziende attive in questo settore, con un focus sullo sviluppo della tecnologia e le correlazioni tra esse.

I sistemi per il trattamento delle acque sono molteplici e in continua evoluzione; infatti la ricerca volge sempre verso nuove tecnologie per la depurazione delle acque, dai sistemi di filtraggio a membrana, a quelli chimici, fino ai più moderni sistemi a raggi UV. I dati brevettuali sono stati reperiti e studiati per quelle tecnologie che si riferiscono a determinati codici IPC, selezionati dopo aver effettuato una ricerca primaria di tutti i codici IPC di possibile interesse; è stata infatti posta l'attenzione sulle tecnologie riguardanti i sistemi ad adsorbimento, filtrazione a membrana, elettrodialisi, osmosi diretta ed inversa e flocculazione, in quanto è stato indagato che la maggior parte dei brevetti si riferisce a questi specifici sistemi di trattamento e depurazione delle acque. I dati sono stati reperiti manualmente in prima persona e analizzati secondo criteri di trend nel tempo e numerosità di brevetti per azienda nel settore, copertura territoriale e investimenti in ricerca e sviluppo; ciò che è apparso subito chiaro è quanto sia largamente concorrenziale il mercato: nonostante sia un mercato che tratta tecnologie estremamente specifiche, vi sono più di 500 players in tutto il mondo, tra cui anche Università asiatiche ed americane. Altro dato rilevante è come questo mercato abbia visto l'alternarsi delle aziende nel tempo: facendo un focus dai primi anni 2000 al 2009 si è potuto notare l'affermarsi di determinate imprese, quasi del tutto scomparse nella seconda decade presa in esame a scapito di numerose altre aziende.

2 Acque reflue: una risorsa non sfruttata

2.1 L'acqua nel mondo: disponibilità e qualità

Un recente studio condotto da AQUASTAT della FAO, ha stimato i prelievi globali di acqua dolce a 3.928 km³ all'anno; si ritiene che il 44% (1.716 km³ all'anno) di quest'acqua venga utilizzata principalmente nell' agricoltura e reimpressa attraverso l'evaporazione dei terreni agricoli nell'atmosfera, mentre il restante 56% (2.212 km³ all'anno) è reintrodotta nell'ambiente sotto forma di acque reflue sia urbane che industriali, sia acque per il drenaggio agricolo.

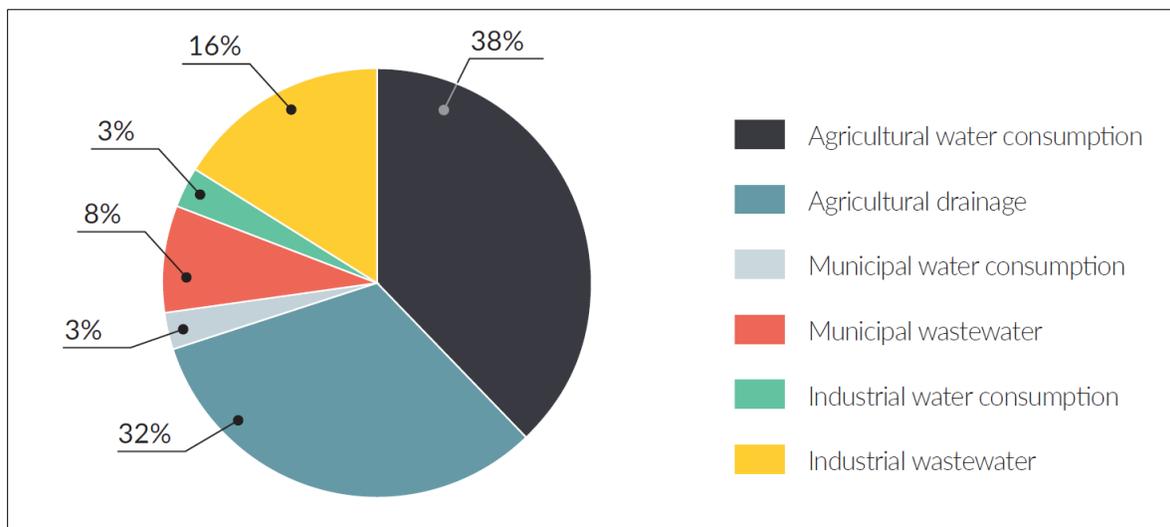


Figura 2-1: Principali impieghi e consumi di acque dolci e acque reflue. Fonte: AQUASTAT (n.d.a.); Mateo-Sagasta et al. (2015); and Shiklomanov (1999); Sara Marjani Zadeh (FAO).

A livello globale, si prevede che la domanda di acqua dolce aumenterà significativamente nei prossimi decenni. Oltre al settore agricolo, che è responsabile del 70% dei prelievi di acqua dolce in tutto il mondo, grandi aumenti della domanda di acqua sono previsti per l'industria e per la produzione di energia (WWAP, 2015); anche l'accelerazione progressiva dell'urbanizzazione e il conseguente aumento dell'approvvigionamento di risorse idriche da parte dei principali centri urbani contribuisce all'accrescimento di tale domanda. Non solo, nel corso degli anni sono anche cambiati i modelli di consumo di acqua dolce peggiorando la già precaria situazione, incluso il cambiamento delle diete verso cibi che richiedono un elevato consumo di acqua per la loro produzione, come la carne (circa 15.000 litri d'acqua sono necessari per la produzione di 1 kg di carne); in Europa, per la produzione di prodotti alimentari vengono utilizzati in media circa 5 m³ di acqua per persona al giorno (Förster, 2014); se si pensa che 1,3 miliardi di tonnellate di cibo sono sprecati ogni anno (WWF, 2015), 250 km³ di acqua vengono persi all'anno in tutto il mondo (FAO, 2013a). L'agricoltura, come detto, è il più grande "consumatore" di acqua al mondo; diverse tipologie di cibo, come le verdure, sono composte per lo più di acqua (in alcuni casi la percentuale è superiore al 90%). Lo spreco

alimentare può essere definito come lo scarto di cibo non adatto al consumo poiché scaduto o semplicemente indesiderato (FAO, 2015); tale spreco, può anche includere colture che non vengono raccolte a causa dei bassi prezzi di mercato, ad esempio. Al livello mondiale, carne e cereali si distinguono chiaramente per la percentuale di rifiuti alimentari rispettivamente del 21,7% e 13,4% (Lipinski et al., 2013).

La disponibilità di risorse idriche è anche intrinsecamente legata alla qualità dell'acqua, poiché l'inquinamento delle stesse può compromettere i diversi tipi di utilizzo; l'aumento degli scarichi di acque reflue non trattate, combinati con il deflusso agricolo e le acque reflue trattate in modo inadeguato dall'industria, hanno provocato il degrado della qualità dell'acqua in tutto il mondo. Se queste tendenze attuali persistono e si continuerà dunque con un trattamento errato delle acque reflue, la qualità dell'acqua continuerà a peggiorare nei prossimi decenni; questo fenomeno si percepirà in particolare nei paesi poveri di risorse idriche e nelle aree aride dell'Africa e Asia, e metterà ulteriormente in pericolo la salute umana e gli ecosistemi.

L'aumento degli scarichi di acque reflue trattate inadeguatamente nei bacini idrici mondiali, contribuisce ulteriormente al degrado della qualità dell'acqua, sia quelle superficiali sia quelle sotterranee; poiché l'inquinamento dell'acqua influisce in modo critico sulla disponibilità di acqua dolce, esso deve essere adeguatamente gestito per mitigare l'impatto che questo fenomeno può avere sul peggioramento delle risorse idriche esistenti.

L'inquinamento organico di fiumi e mari (misurato in termini di domanda biochimica di ossigeno - BOD) può avere gravi conseguenze sulla pesca nelle acque interne, sulla sicurezza alimentare e in particolare sui mezzi di sussistenza delle comunità rurali più povere del mondo; il grave inquinamento organico colpisce già circa un settimo di tutti i fiumi che si estendono in Africa, Asia e America Latina ed è in costante aumento (UNEP, 2016). Una gestione inadeguata delle acque reflue ha anche un impatto diretto sugli ecosistemi: sono infatti in rapido aumento le zone deossigenate di mari e oceani, infatti circa 245.000 km² di ecosistemi marini sono colpiti da questo fenomeno, arrecando danni incommensurabili alla pesca e alle catene alimentari presenti (Corcoran et al., 2010).

Gli scenari riguardanti il cambiamento climatico prevedono un sostanziale peggioramento del ciclo dinamico dell'acqua, tale che la discrepanza tra l'approvvigionamento idrico e la domanda globale sta diventando sempre più rilevante; la frequenza e la gravità delle inondazioni presenti in determinate aree del mondo, combinate con la siccità di altrettante regioni, probabilmente modificheranno i bacini idrici di queste aree geografiche, provocando gravi conseguenze ambientali e di stampo socio-economico. La crisi in Siria è scaturita anche, tra gli altri fattori, da una storica siccità (2007-2010).

Due terzi della popolazione mondiale al momento vivono in paesi che presentano gravi difficoltà nel reperire acqua dolce almeno un mese all'anno; ad oggi, sono circa 500 milioni le persone che vivono in aree dove il consumo di acqua supera del doppio le risorse idriche rinnovabili locali; degno di nota è che circa il 50% delle persone che affrontano questo problema vive in Cina e in India. Queste regioni altamente vulnerabili, nelle quali le risorse non rinnovabili (cioè acque sotterranee fossili) continuano a diminuire, sono diventate sempre più dipendenti dai



trasferimenti di acqua da parte di altre zone in cui i bacini idrici sono maggiori e sono alla ricerca costante di fonti alternative per sopperire alle loro mancanze.

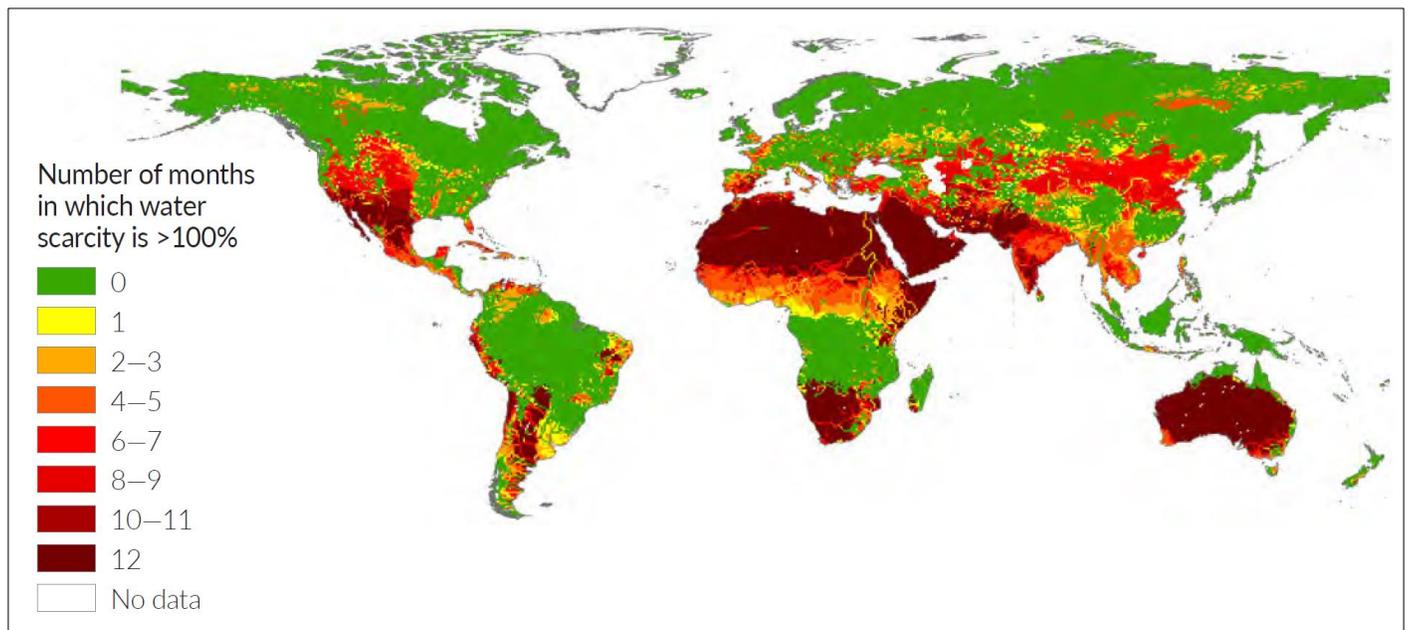


Figura 2-2: Aree in cui l'acqua scarseggia in base al numero di mesi. Fonte: Mekonnen and Hoekstra 2016

Nonostante, come detto, la cattiva gestione delle acque reflue causa da sempre danni gravi ad ecosistemi interi e ingenti problemi alle popolazioni più povere, l'impatto sociale e politico di questo problema riceve troppo spesso poca attenzione, se comparato alle sfide che gli Stati più industrializzati e ricchi si trovano ad affrontare, specialmente nell'ambito dell'approvvigionamento e scarsità dell'acqua; a tal proposito, nel 2016 il World Economic Forum ha valutato la crisi idrica quale uno tra i maggiori rischi globali degli ultimi 5 anni e ha determinato un limite temporale di 10 anni per il totale annullamento di questa crisi idrica nel mondo.

Dopo diversi e specifici trattamenti, i possibili campi di applicazione di acque di scarico sono molteplici: dall'irrigazione di campi, alla produzione di energia, da utilizzi urbani a quelli industriali.

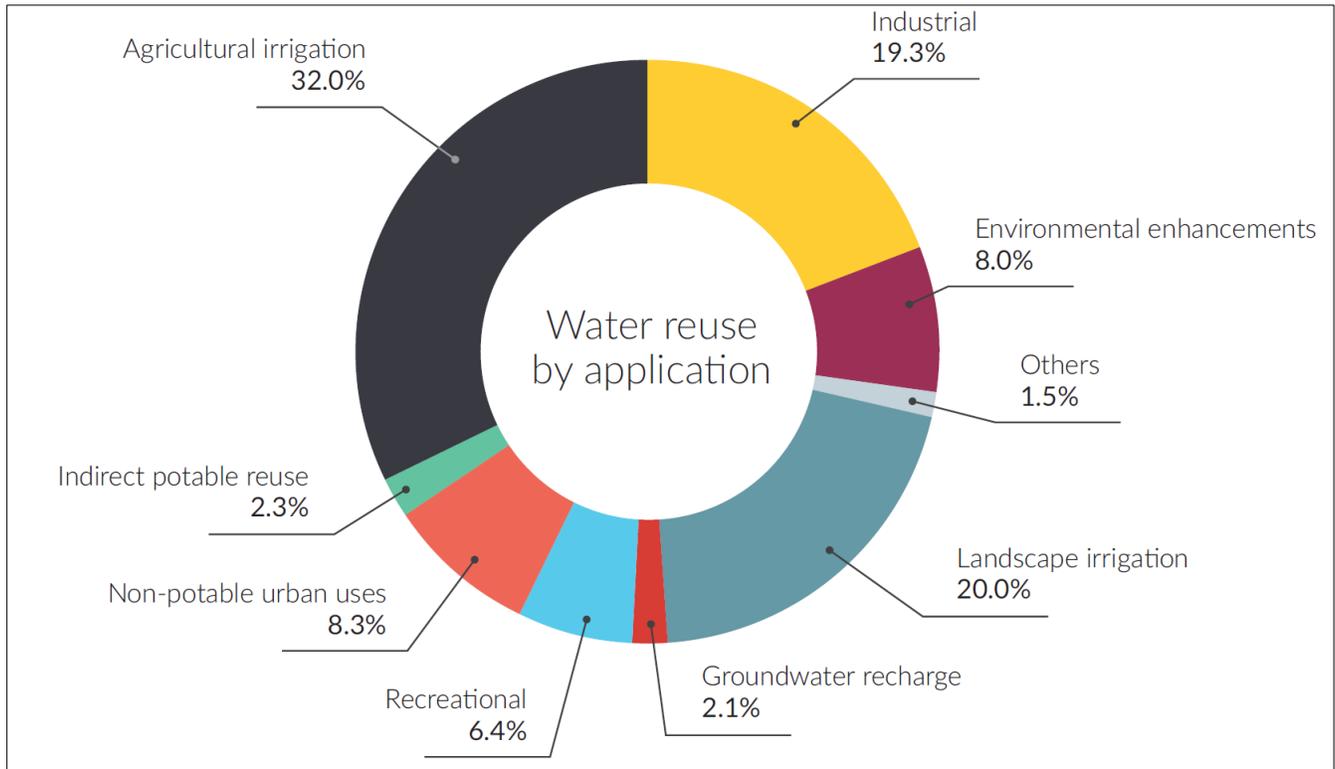


Figura 2-3-3: Stima sulle percentuali di riutilizzo delle acque reflue nei prossimi anni. Fonte: Sato et al. (2013).

L'impianto Outotec in Svizzera, che utilizza i fanghi provenienti dalle acque reflue di Zurigo, è un esempio di totale recupero di energia attraverso la conversione efficiente di energia e recupero delle sostanze nutrienti dai fanghi; la conversione efficiente di energia è possibile con la digestione anaerobica, producendo biogas e/o elettricità, e con la combustione, producendo vapore e calore. Da entrambi i processi si ricava circa il 50% del potenziale energetico della depurazione dei fanghi, ottenendo una resa totale di 6 MWh per tonnellata di fango secco da trattare; ciò permette diverse implicazioni di uso, come l'immissione del biogas nella rete centrale o convertendo il vapore in elettricità e calore per alimentare l'impianto stesso di trattamento delle acque reflue. La città di Zurigo ha adottato questo modello dal 2015 (Ludwig Hermann Outotec GmbH & Co).

2.2 Acque reflue: trend globali e aspetti tecnici del ciclo di gestione

In media, i paesi ad alto reddito trattano il 70% delle acque reflue urbane e industriali che generano; tale percentuale scende al 38% nei paesi a reddito medio-alto e al 28% in quei paesi a reddito medio-basso. Nei paesi a basso reddito invece, solo l'8% delle acque di scarico subisce un trattamento, di qualsiasi genere esso sia. Queste stime supportano il sempre più incalzante dato che circa l'80% delle acque reflue globali in tutto il mondo viene reimesso nell'ambiente senza alcun tipo di trattamento. Nei paesi ad alto reddito, la motivazione che spinge al trattamento avanzato delle acque reflue è il mantenimento della qualità ambientale e l'eventuale fornitura di una fonte d'acqua dolce pura alternativa, come riserva nei periodi di siccità. Tuttavia, il rilascio di acque reflue non trattate rimane una pratica comune, soprattutto nei paesi in via di sviluppo, a causa delle tecniche di trattamento e infrastrutture carenti, istituzioni locali negligenti e finanziamenti inadeguati.

Lo sviluppo di sistemi efficienti di depurazione delle acque di scarico è senza alcun dubbio una soluzione valida per contrastare il pericoloso aumento della scarsità di acqua dolce e potabile nel mondo; le acque reflue sono grossomodo composte per il 99% di acqua e per l'1% da particelle sospese, sostanze colloidali e solidi disciolti (UN-Water, 2015a). Anche se la composizione esatta delle acque reflue varia ovviamente in base alle fonti di utilizzo precedente delle stesse acque, l'acqua rimane, di gran lunga, il suo costituente principale. Le conseguenze del rilascio non trattato o acque reflue trattate inadeguatamente possono essere classificate in tre gruppi:

- effetti nocivi sulla salute umana;
- impatti negativi sull'ambiente;
- ripercussioni su attività economiche.

Controllo e regolazione dei flussi di acque reflue, sono lo scopo della gestione di queste acque; la gestione del ciclo delle acque reflue può essere suddiviso in quattro fasi di base interconnesse:

- Prevenzione o riduzione dell'inquinamento alla fonte: il controllo dell'inquinamento idrico che si basa sulla prevenzione e la minimizzazione delle acque reflue, dovrebbe essere considerato prioritario rispetto al successivo piano di trattamento delle acque di scarico; questo controllo si può attuare ponendo il divieto o limitazioni dell'uso di determinati contaminanti (da eliminare con i trattamenti successivi) utilizzando sia strumenti normativi, sia soluzioni tecniche. Le azioni correttive per ripulire i siti inquinati e i bacini idrici sono generalmente molto più costose delle misure per prevenire l'inquinamento; inoltre, il monitoraggio e la comunicazione circa gli scarichi inquinanti nell'ambiente sono necessari per ottenere progressi e verificare la qualità delle acque; se qualcosa non viene misurato, il problema non può essere definito e l'efficacia delle politiche adottate non può essere valutata.
- Raccolta e trattamento delle acque reflue; a livello globale, circa il 60% della popolazione mondiale è collegato a un sistema fognario (anche se solo una piccola parte della rete fognaria raccolta viene



effettivamente trattata). Altre opzioni igienico-sanitarie, come i sistemi in loco, sono adattati nelle aree rurali e negli insediamenti con una bassa densità di popolazione. Il sistema di trattamento centralizzato delle acque reflue su larga scala potrebbe non essere più un'opzione praticabile per la gestione delle acque urbane in molti paesi; infatti i sistemi decentralizzati di trattamento delle acque reflue hanno mostrato una tendenza crescente in tutto il mondo, consentendo il recupero di sostanze nutrienti per l'agricoltura ed energia e il recupero di acqua dolce da immagazzinare e destinare all'occorrenza alle località che ne presentano il bisogno. È stato stimato che i costi di investimento per questi trattamenti e le strutture connesse, rappresentano solo il 20-50% dei costi per i convenzionali impianti di trattamento, con costi di funzionamento e manutenzione ancora più bassi (nel range del 5-25% rispetto agli impianti usuali di depurazione dei fanghi attivi). Questi sistemi di fognatura a basso costo si prestano bene alla gestione delle acque reflue della comunità e sono adatti per eventuali espansioni dei sistemi esistenti o connessioni tra sistemi di smaltimento centralizzati e zone rurali.

- Usare le acque reflue come fonte alternativa di acqua; l'uso di acque reflue non purificate o diluite con agenti disinfettanti per l'irrigazione ha avuto luogo per secoli. L'acqua rigenerata dopo i trattamenti è un'opportunità di approvvigionamento idrico sostenibile e affidabile per industrie e città e, in generale, il riutilizzo dell'acqua diventa più economicamente fattibile se il punto di riutilizzo è vicino al punto di produzione. L'uso previsto di acque reflue trattate o parzialmente trattate può aumentare sensibilmente l'efficienza delle risorse e fornire benefici a ecosistemi attraverso la riduzione dei prelievi di acqua dolce, il riciclaggio e riutilizzo di sostanze nutritive, permette agli ecosistemi marini e fluviali di prosperare riducendo al minimo l'inquinamento idrico, e ricostituisce le falde acquifere impoverite.

Le acque reflue, come detto, sono una componente critica del ciclo dell'acqua e, come tali, svolgono un ruolo determinante nell'intero ciclo di gestione delle risorse idriche: dall'estrazione dell'acqua dolce, al suo uso, dal trattamento e distribuzione, al riutilizzo post-trattamento e re-immissione nell'ambiente, facendo ripartire il ciclo appena descritto. Troppo spesso però è stato trascurato tutto il processo dopo il primo utilizzo delle acque; il problema delle acque reflue infatti riceve poca attenzione sociale e politica, rispetto alle sfide globali riguardanti l'approvvigionamento idrico, soprattutto in quegli ambiti globali in cui l'acqua scarseggia; eppure, il tutto è estremamente correlato: trascurare le acque reflue può avere impatti altamente dannosi sulla sostenibilità delle risorse idriche, sulla salute umana, sull'ambiente e sull'economia. Lo smaltimento e il riutilizzo di acque di scarico, è spesso visto come un peso da ignorare, piuttosto che una risorsa da sfruttare: questa percezione deve cambiare, affinché venga identificato il corretto valore delle acque reflue: sono infatti una fonte potenzialmente accessibile e sostenibile di acqua, energia, sostanze nutritive, materia organica e altri sottoprodotti utili. Questo è particolarmente vero nel contesto di un'economia circolare, per cui lo sviluppo economico è bilanciato con la protezione delle risorse e dell'ambiente sostenibile.



2.3 Agenda 2030: programma per uno sviluppo sostenibile

Il 25 settembre 2015, l'Assemblea dei 193 Stati membri dell'ONU ha adottato il piano Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, con una serie di obiettivi per porre fine alla povertà, proteggere l'ambiente e garantire la prosperità in tutto il mondo. L'Agenda comprende 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibili (Sustainable Development Goals), ciascuno con specifiche tematiche da raggiungere in un periodo di 15 anni (UNGA, 2015a). Tali obiettivi di sviluppo sostenibile sono interconnessi e indivisibili e derivanti dal Millennium Development Goals o MDG, o più semplicemente Obiettivi del Millennio.



Figura 2-4: Principali obiettivi Agenda 2030. Fonte UN (n.d.a.)

Il programma previsto dal piano Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile ha un obiettivo più ampio riguardo l'acqua, andando oltre i problemi di approvvigionamento idrico e servizi igienico-sanitari: entro il 2030 infatti, si è posto come obiettivo principale il

Tabella 2-1: Obiettivo 6 dell'Agenda 2030 e relativi indicatori. Fonte: UN-Water (2016a); UNGA (2015a).

miglioramento della qualità dell'acque riducendo il più possibile l'inquinamento, eliminando il rilascio di sostanze pericolose e prodotti chimici tossici, dimezzando la quantità di acque reflue non trattate e aumentando sostanzialmente il riciclaggio e il riutilizzo sicuro di acque di scarico a livello globale. Il livello estremamente basso di trattamento delle acque reflue rivela un bisogno urgente di aggiornamenti tecnologici in merito e opzioni di riutilizzo sicuro dell'acqua, per poter sostenere il piano per il raggiungimento dell'obiettivo 6.3, fondamentale per

SDG 6		
Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all		
	TARGET	INDICATORS
6.1	By 2030, achieve universal and equitable access to safe and affordable drinking water for all	6.1.1 Proportion of population using safely managed drinking water services
6.2	By 2030, achieve access to adequate and equitable sanitation and hygiene for all and end open defecation, paying special attention to the needs of women and girls and those in vulnerable situations	6.2.1 Proportion of population using safely managed sanitation services, including a handwashing facility with soap and water
6.3	By 2030, improve water quality by reducing pollution, eliminating dumping and minimizing release of hazardous chemicals and materials, halving the proportion of untreated wastewater and substantially increasing recycling and safe reuse globally	6.3.1 Proportion of wastewater safely treated 6.3.2 Proportion of bodies of water with good ambient water quality
6.4	By 2030, substantially increase water use efficiency across all sectors and ensure sustainable withdrawals and supply of freshwater to address water scarcity and substantially reduce the number of people suffering from water scarcity	6.4.1 Change in water use efficiency over time 6.4.2 Level of water stress: freshwater withdrawal as a proportion of available freshwater resources
6.5	By 2030, implement integrated water resources management at all levels, including through transboundary cooperation as appropriate	6.5.1 Degree of integrated water resources management implementation (0-100) 6.5.2 Proportion of transboundary basin area with an operational arrangement for water cooperation
6.6	By 2020, protect and restore water-related ecosystems, including mountains, forests, wetlands, rivers, aquifers and lakes	6.6.1 Change in the extent of water-related ecosystems over time
6a	By 2030, expand international cooperation and capacity-building support to developing countries in water- and sanitation-related activities and programmes, including water harvesting, desalination, water efficiency, wastewater treatment, recycling and reuse technologies	6.a.1 Amount of water- and sanitation-related official development assistance that is part of a government-coordinated spending plan
6b	Support and strengthen the participation of local communities in improving water and sanitation management	6.b.1 Proportion of local administrative units with established and operational policies and procedures for participation of local communities in water and sanitation management

raggiungere gli altri obiettivi presenti nell'intera agenda.

Stando alla struttura del MDG, gli Stati membri sono tenuti a dimezzare il numero di persone che non accesso diretto ad acqua potabile e servizi igienico-sanitari di base entro il 2015. Mentre l'obiettivo riferito all'acqua potabile è stato raggiunto tre anni prima del tempo (UNICEF / WHO, 2012), l'obbiettivo riguardo i servizi igienico-sanitari non è stato raggiunto. A tal proposito, 2.1 miliardi hanno guadagnato l'accesso al miglioramento strutture igienico-sanitarie dal



1990, ma 2.4 miliardi di persone non hanno ancora accesso a servizi igienico-sanitari e quasi 1 miliardo di persone in tutto il mondo pratica ancora defecazione a cielo aperto (UNICEF / WHO, 2015).

Gli obiettivi di questa Agenda saranno monitorati e rivisti utilizzando una serie di indicatori globali, ma è compito di ciascun paese definire i propri obiettivi nazionali riguardanti sia il trattamento delle acque reflue che della qualità dell'acqua (UNGA, 2015a).

La misurazione dei progressi nell'agenda 2030 dipende da quanto specifici, misurabili, raggiungibili, pertinenti e vincolanti nel tempo sono gli indicatori per questo compito; per procedere con queste operazioni, un gruppo di esperti sugli indicatori SDG (IAEG-SDG) è stato istituito per sviluppare un sistema per la misurazione dei progressi, per il monitoraggio degli obiettivi dell'Agenda 2030 a livello globale, e sostenerne l'implementazione. Gli Stati membri probabilmente svilupperanno anche i propri indicatori a livello regionale da integrare agli indicatori di livello globale proposti, che devono essere approvati dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite. Sono stati proposti due indicatori a livello globale per tenere traccia dell'avanzamento dell'SDG 6.3, che è il più strettamente correlato alla gestione delle acque reflue (UN-Water, 2016a):

- 6.3.1 Quantità di acque reflue trattate in sicurezza: acque reflue da scarichi domestici trattate in modo sicuro (fanghi e fanghi fecali) e provenienti da attività economiche (ad esempio industrie) in proporzione al totale delle acque reflue generate dalle famiglie e attività economiche.
- 6.3.2 Quantità di bacini idrici con buona qualità ambientale: vastità dei bacini idrici in un paese con una buona qualità dell'acqua rispetto a tutti le fonti idriche del paese. "Buono" indica una qualità ambientale dell'acqua che non danneggia le funzioni dell'ecosistema e la salute umana, secondo gli indicatori di base della qualità dell'acqua.

Una delle sfide per il monitoraggio dell'obiettivo 6.3 è la mancanza di dati relativi a tutti gli aspetti della qualità dell'acqua e della gestione delle acque reflue, in particolare nei paesi in via di sviluppo; dati affidabili generano benefici sociali, economici e ambientali, sia nel settore pubblico sia in quello privato (UN-Water, 2016a). Per raggiungere tale obiettivo, saranno necessari investimenti molto significativi nelle nuove infrastrutture e nelle tecnologie appropriate ad aumentare il trattamento e l'uso delle acque reflue. Gli investimenti sono necessari anche per aggiornare e migliorare le infrastrutture attuali, sviluppare nuove capacità nella gestione delle risorse idriche, monitorare e controllare la qualità dell'acqua e delle acque reflue (UN-Water, 2015a). A causa delle differenze nei livelli attuali di trattamento delle acque reflue in generale, gli sforzi necessari per raggiungere dell'SDG 6.3 sono estremamente maggiori per quei paesi con un reddito relativamente basso.

Ad aggravare ulteriormente il problema della scarsità di acqua nel mondo, ci pensano le sempre più frequenti inondazioni di molte aree del sud-est Asiatico, dell'India e di parte dell'Africa orientale, contrapposte alla totale siccità di altrettante aree desertiche di Asia e Africa del nord; la combinazione di questi due fenomeni diametralmente opposti, ma accomunati dalla caratteristica che l'acqua presente in queste zone è spesso



contaminata da agenti inquinanti tossici e quindi non utilizzabile direttamente dalle popolazioni, accresce sempre di più la necessità dello sviluppo di sistemi efficienti di riutilizzo delle acque reflue. A tale scopo, le economie mondiali si sono unite in piani di azione per lo sviluppo di tali sistemi: a livello globale, le spese annuali per le infrastrutture idriche e per le infrastrutture riguardo solamente il riutilizzo di acque sono state stimate rispettivamente a 100 miliardi di dollari e 104 miliardi di dollari ed entrambe sono destinate ad aumentare (Heymann et al., 2010); questi investimenti porteranno, secondo uno studio condotto dalla Sato nel 2015, ad una riduzione consistente dello spreco delle acque reflue entro il 2030.

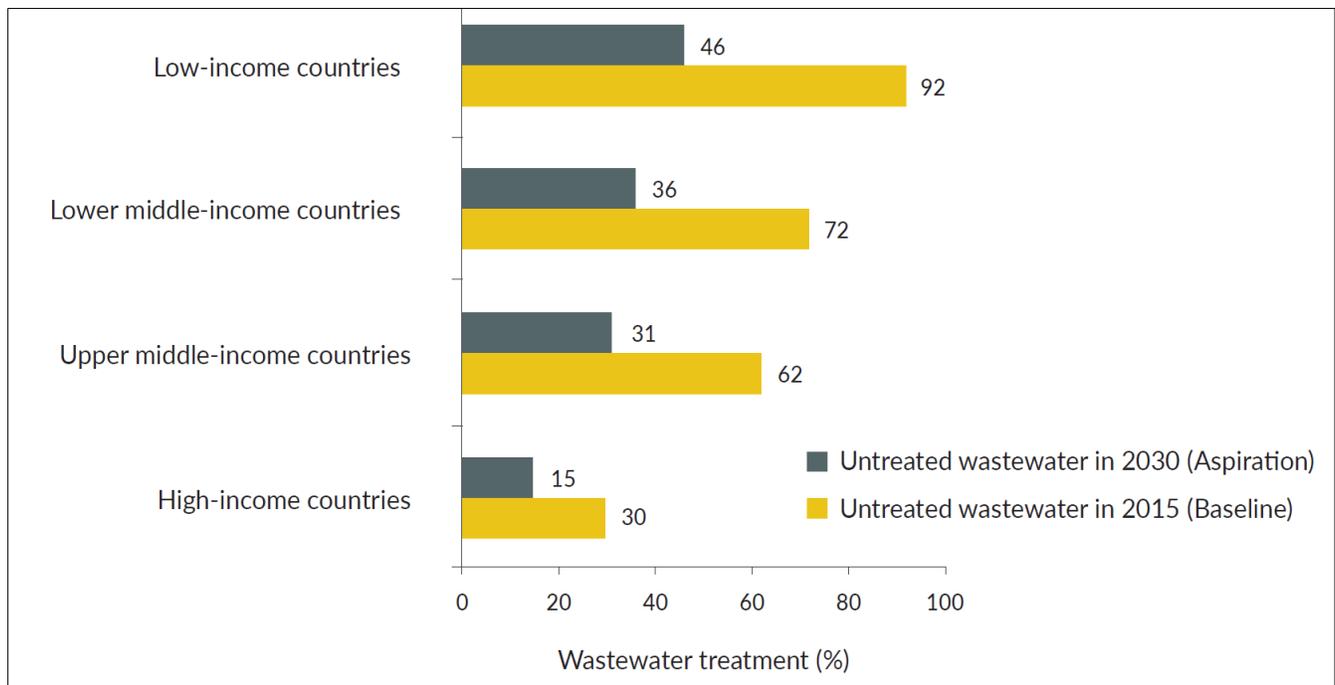


Figura 2-5: obiettivi di riduzione acque reflue non trattate Agenda 2030. Fonte UN (n.d.a.)

Interessante ed allo stesso tempo tragica è la situazione attuale nello stato del Sud Africa: in questo paese tra il 30 e il 70% della popolazione non ha accesso ad acqua pulita, ogni minuto un neonato muore per infezioni contratte a causa delle cattive condizioni igieniche e il 15% delle mamme muore per infezioni contratte nelle prime 6 settimane dal parto. Il 42% delle strutture sanitarie non ha acqua potabile, con conseguenze devastanti. Nel settembre 2017, finita la stagione delle piogge, è apparso subito chiaro che l'acqua nei bacini che riforniscono la città non sarebbe bastata a soddisfarne il fabbisogno fino a maggio, quando ricominceranno le piogge. Nella provincia del Capo Occidentale, in Sud Africa, il bacino della diga di Theewaterskloof, vicino a Villiersdorp, circa 108 Km da Cape Town, è a meno del 20% della sua portata naturale. Si tratta della peggiore condizione da 113 anni a questa parte. La capacità della principale risorsa idrica per Cape Town è ormai ridotta al 10% perché l'altro 10% è

inutilizzabile a causa del limo. Fino ad ora i problemi legati alla carenza idrica avevano riguardato principalmente le aree extra urbane, ma da quest'anno la situazione è cambiata. La capitale del Sudafrica potrebbe diventare la prima grande città al mondo a restare senza acqua. Le autorità hanno dichiarato lo stato di siccità, dando istruzioni per il razionamento dell'acqua. L'amministrazione ha varato diversi programmi che vanno dal riciclaggio alla desalinizzazione, e ciascun cittadino può utilizzare solo 87 litri di acqua al giorno. Città del Capo ha chiuso gli autolavaggi e molte piscine; ai cittadini è stato raccomandato di raccogliere l'acqua della doccia e del lavabo e riciclarla per altri usi domestici, evitando di lasciare il rubinetto aperto. È stato suggerito di non riempire le piscine fino all'orlo e di non esagerare ad innaffiare i giardini. L'obiettivo è consumare meno di 500 milioni di litri al giorno in una città di 4 milioni di abitanti.

A misure finalizzate al risparmio, l'amministrazione vorrebbe aggiungere la costruzione di impianti per la desalinizzazione dell'acqua di mare e mettere in atto programmi per la raccolta e l'utilizzo delle acque sotterranee di falda e per il riciclo delle acque di scarico; il tutto nella speranza che a maggio, con la nuova stagione le piogge, si possano riempire gli invasi. Il 22 aprile 2018 scatterà il Day Zero, il giorno in cui la capacità dei bacini scenderà sotto il 13,5 per cento e la città sarà costretta a chiudere i rubinetti. Da quel momento i quasi quattro milioni di abitanti potranno accedere all'acqua solo recandosi in uno dei duecento punti di distribuzione sparsi per la città. La scarsità di risorse idriche non era mai stato prima d'ora un problema così grave sulla costa sudafricana dove si trova Città del Capo; il 2017 però è stato uno degli anni più asciutti mai registrati nella regione e da molto tempo era chiaro che le precipitazioni durante la stagione più piovosa sarebbero state insufficienti per ricaricare i bacini idrici (C. Alessandro Mauceri).

Tale problema è estendibile ad altre regioni africane, quali Nigeria, Tanzania, RD. Congo, Kenya, Sudan, Mozambico, ma soprattutto Etiopia. Oltre alle autorità mondiali e le grandi compagini aziendali attive in questo settore, chi si è fatto carico nel proprio piccolo di tali problemi e realtà esistenti, sono anche la Smat S.p.A., la Società Metropolitana delle Acque Torinesi, il Politecnico di Torino, la ATO3 ovvero l'Autorità d'ambito Torinese, nonché l'ente di governo per la programmazione, organizzazione e controllo del servizio idrico integrato di Torino, che insieme alle Autorità Etiopi hanno sviluppato un programma per il sostentamento delle popolazioni più povere del paese Africano.



2.4 Hydroaid e il progetto WATSAM

Hydroaid è un'Associazione no profit dedicata alla formazione professionale nel campo della gestione delle risorse idriche in paesi in via di sviluppo ed emergenti. Fondata nel 2001 a Torino, Hydroaid si rivolge a tecnici e manager delle pubbliche amministrazioni locali e nazionali che operano nel settore dell'acqua. Dal 2011 l'Associazione gode dello status di Special Consultative Member nel Consiglio per gli Affari Economici e Sociali delle Nazioni Unite (UN ECOSOC) e contribuisce attivamente alla definizione di linee guida per l'Agenda globale dello sviluppo post-2015.

La partnership di Hydroaid con Smat e Politecnico, venne istituita con l'intenzione di rafforzare e migliorare le attività di comunicazione e visibilità circa i risultati del Progetto WATSAM mostrando elementi chiave delle esperienze realizzate e integrando le azioni svolte in Etiopia nel contesto di una strategia nazionale più ampia, valutando opportunità ulteriori in quest'area. Gli enti locali torinesi si sono fatti carico di raggiungere determinati obiettivi, quali:

- Realizzare eventi specifici per la diffusione dei risultati del progetto WATSAM e partecipare a iniziative seminariali sui temi dell'acqua e dei servizi igienico-sanitari organizzati da istituzioni e soggetti interessati che operano per la cooperazione internazionale in Etiopia.
- Attivare nuove attività e collaborazioni con partner etiopi e internazionali finalizzati alla realizzazione di interventi locali di Hydroaid e dei suoi membri associati.

Nei suoi 3 anni di implementazione, il progetto WATSAM ha supportato lo sviluppo del settore idrico ad Arba Minch, in Etiopia, grazie alla sinergia delle istituzioni locali del sistema torinese.

WATSAM si è focalizzato sul miglioramento delle capacità tecniche e manageriali del servizio idrico locale AWSSE e dell'AMTM municipale, con il supporto dell'Arba Minch University: così facendo ha permesso di approfondire la conoscenza delle criticità e dei bisogni della comunità locale, oltre che impostare una solida rete di relazioni con le autorità locali, regionali e nazionali dell'Etiopia. A partire dal 2014, il progetto WATSAM è stato integrato da un'iniziativa di progetto aggiuntiva finalizzata a rafforzare e integrare l'azione svolta ad Arba Minch e in Etiopia:



Figura 2-6: Schema del Progetto di Hydroaid

WATEWATER TREATMENT PROJECT:

Il progetto forma e supporta personale tecnico e manageriale proveniente dall'Etiopia e da altri paesi dell'Africa subsahariana caratterizzati da cattive condizioni idriche e igienico-sanitarie. Applica un approccio blended learning che combina l'apprendimento a distanza e il rinforzo professionale in loco basato sulla condivisione di esperienze sviluppate nel contesto italiano.

WATER-REG PROJECT:

Il progetto rafforza le competenze dei funzionari pubblici dell'Etiopia e del Mozambico sulla regolamentazione e la governance economica dei servizi idrici al fine di facilitare la creazione di un quadro strategico ed efficace in grado di attrarre investimenti privati e internazionali, fornendo ai decisori input utili, per formulare tariffe appropriate.

URBAN WATER SUPPLY PROJECT:

Il progetto si basa sull'esperienza del Progetto WATSAM ed è finalizzato al miglioramento delle capacità di gestione delle risorse idriche nel Comune di Arba Minch, supportando così la formazione di personale tecnico specializzato che sarà responsabile della gestione del nuovo acquedotto.

SANITATION DAILY PROJECT:

Hydroaid ha contribuito al progetto quinquennale "Sanitation Daily" in termini di ricerca operativa, unendo la sua esperienza del contesto etiope, delle risorse idriche e della gestione dei servizi igienico-sanitari.



3 Sistemi di Depurazione

3.1 Prevenzione e riduzione dei carichi di inquinamento e generazione di acque reflue

Recenti studi hanno dimostrato che le azioni correttive per ripulire i siti e i bacini idrici inquinati sono generalmente molto più costose delle misure per prevenire il verificarsi dell'inquinamento delle stesse acque; quindi, approcci mirati al controllo dell'inquinamento idrico circa la prevenzione e la minimizzazione delle acque reflue, attraverso la riduzione del consumo di acqua e riciclaggio dei prodotti di scarto, dovrebbero avere la priorità rispetto ai tradizionali trattamenti eseguiti sulle acque di scarico (UNEP, 2015c). Al fine di evitare lo spostamento dei problemi tra le fasi del ciclo di vita dell'acqua e più in generale dell'ambiente, è anche molto importante considerare come questa viene usata e come viene inquinata durante il processo di consumo, piuttosto che concentrarsi solo sulla fase specifica del trattamento post primo utilizzo; per esempio, se per rimuovere gli agenti inquinanti dalle acque reflue si aumenta l'inquinamento atmosferico a causa dei processi industriali, non si stanno apportando migliorie (UNEP, 2012a). Affinché si eviti che questo accada, i Governi devono implementare politiche ambientali di supporto, eseguendo regolamenti specifici e applicando sanzioni laddove non siano rispettati, promuovendo l'utilizzo di tecnologie innovative e non dannose per l'ambiente.

Le attività commerciali possono avere implicazioni significative e di ampia scala per quanto concerne la generazione di acque reflue e inquinamento da attività produttive; ad esempio, il 19% di tutte le acque a livello globale non è per uso domestico, bensì viene consumato da attività commerciali (Mekonnen e Hoekstra, 2011). Di particolare interesse sono le certificazioni richieste per la produzione di prodotti biologici e i divieti imposti, quali l'utilizzo di pesticidi nelle colture ad esempio; soltanto quest'azione diminuisce sensibilmente l'inquinamento ambientale, acque comprese. Altri sistemi di certificazione, come la ISO 14024 tipo 1 ecolabel¹¹ (ad es. marchio europeo di qualità ecologica, Nordic Swan o Blue Angel of Germany), spesso includono criteri per il monitoraggio delle acque reflue durante tutto il ciclo di vita del prodotto. Se però queste politiche per la tutela dell'ambiente non sono monitorate a loro volta, il problema non può essere definito e l'efficacia delle politiche non può essere valutato: con la stipula dell' Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile e l'avvio del Global Enhanced Monitoring Initiative (GEMI) sotto la struttura e controllo delle Nazioni Unite, il monitoraggio periodico della qualità delle acque in generale e circa il trattamento delle acque reflue è garantito, e sono stati anche adottati meccanismi di segnalazione per i Paesi che non rispettano tali vincoli.

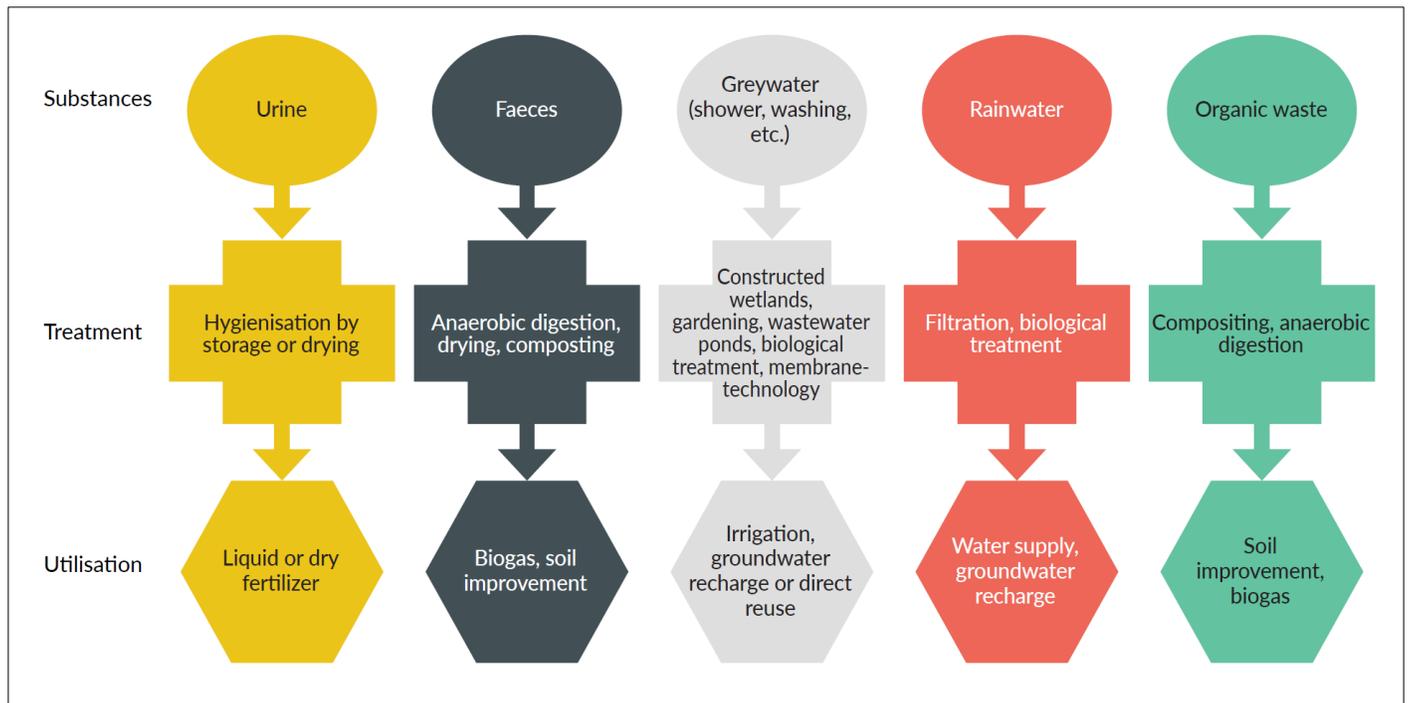


Figura 3-3-1: possibili usi delle acque dopo diversi trattamenti. Fonte: UNESCO-IHP/GTZ 2006

Sono stati fatti progressi significativi per quanto riguarda le tecnologie utilizzate in questo ambito, a partire dai sistemi aerobici (ad esempio a fango attivo e filtri a gocciolamento) degli anni '20. L'innovazione tecnologica è stata guidata dal progresso economico e da altri fattori, problemi per lo più, che hanno portato gli Stati ad affrontare continue sfide come il riscaldamento globale, la scarsità d'acqua e i numerosi problemi riguardo la qualità ambientale. Nei centri in cui l'urbanizzazione è stata estremamente rapida, la priorità per la protezione delle acque era evitare di scaricare materiale carbonioso nei bacini idrici, al fine di preservare la quantità minima di ossigeno nelle acque. Un metodo efficace era l'utilizzo di fanghi attivi; i risultati erano soddisfacenti per quell'epoca e l'inquinamento delle acque era tenuto sotto controllo, ma restava il problema dello smaltimento di tali fanghi e biomasse in generale che richiedeva una quantità di energia troppo grande. Gli sviluppi delle tecnologie successive sono volti verso un più rapido e meno costoso sistema di trattamento dei fanghi, in quanto questo processo era responsabile di gran parte dei costi dell'intero trattamento. Durante la crisi petrolifera degli anni '70, la digestione anaerobica era diventata il metodo preferito per trattare le acque reflue e i fanghi. Gli anni '80 e gli anni '90 hanno visto un maggiore interesse per la rimozione delle masse sospese presenti nelle acque, in quanto la non rimozione delle stesse e il conseguente scarico diretto nei bacini ha portato all'eutrofizzazione di oceani, mari, laghi e fiumi in molte regioni del mondo. Le tendenze più recenti hanno visto sistemi di trattamento che mirano alla riduzione delle emissioni di GHG, gas ad effetto serra; in parallelo, studi sulla rimozione di masse batteriologiche sono in continuo sviluppo, in attesa di poter applicare efficacemente tali studi ai sistemi di depurazione.

L'uso e il trattamento delle acque reflue può avere un doppio ruolo, in quanto non solo lo sviluppo e l'implementazione di nuove tecnologie hanno effetti benefici per l'ambiente, ma può costituire anche una fonte di rendite finanziarie. Il riutilizzo delle acque reflue diventa di gran lunga competitivo quando le tasse relative all'inquinamento riflettono il costo di rimozione degli inquinanti da tali acque, per non parlare del potenziale danno economico relativo al non utilizzo di questi trattamenti. Gli impianti per il trattamento delle acque possono seguire un vero e proprio modello di business, con la possibilità di recupero dei costi e generazione di valore finanziario, tanto per il settore privato, quanto per quello pubblico (Drechsel et al., 2015a). Un esempio di modello di business è il cosiddetto Water Swap, ovvero un vero e proprio trasferimento di acqua tra diversi settori: gli impianti di depurazione mirano a fornire acqua trattata agli agricoltori per l'irrigazione, per esempio, in cambio di acqua dolce per uso domestico e industriale (Winpenny et al., 2010). Un altro modello di business prevede incentivi da parte dei Governi alle aziende incaricate del trattamento e stoccaggio delle acque reflue: il recupero dei costi operativi dipenderà dal prezzo per la fornitura di acqua fresca e potabile destinato a tutti i principali usi (Rao et al., 2015); purtroppo però questi modelli di business vengono rallentati dai bassi costi per il reperimento diretto di acqua dolce dai bacini. Esempi di casi di riutilizzo dell'acqua da parte delle imprese sono presentati nella Tabella 3-1. Infine, il potenziale recupero dei costi derivato dall'uso delle acque reflue aumenta se vengono applicati diversi livelli di trattamento alle acque, che si traducono in miglioramenti della qualità dell'acqua e/o nella possibilità di recuperare risorse nutritive e materie riciclabili durante tutte le fasi di trattamento.

Tabella 3-1: modelli di business possibili. Fonte: Drechsel et al. (2015a, Table 11.2, pp. 202–203).

Business model	Business case location	Business concept, products/ services and beneficiary	Treatment type	Drivers and opportunities
Water swap	Mashhad City, Iran	Agreement between regional water company and association of farmers for water exchange. Transfer of farmers' water rights from dams and groundwater in exchange for treated wastewater	Secondary treatment	Water scarcity and the need to reduce stress on freshwater
Replenishing natural capital	Hoskote Lake, Bangalore, India	Department of minor irrigation diverting untreated sewage from one part of the city to another. The recharging of a dry lake and groundwater wells benefits small farmers and households around the recharge zone	No treatment except natural processes	Need for lake restoration and replenishing depleting groundwater table and drying wells
On-site value creation based on aquaculture	Mirzapur, Bangladesh	Partnership of Hospital Trust and NGO to treat wastewater to produce duckweed as fish feed and cultivate crops for local market	Tertiary treatment, including nutrient removal through duckweed	Partnership between hospital complex and the technology promoter and high demand for fish in the region
Marketing reclaimed water	Gaborone City, Botswana	Treatment of wastewater from Gaborone and reuse for irrigation of Glen Valley farms and river flow augmentation	Secondary treatment	Frequent droughts and chronic water scarcity
Hedging for future water markets	Prana Sustainable Water, Switzerland	Wastewater treatment pre-financed by future water sales via contractual agreements to secure water shares and finances	Secondary or tertiary treatment	Knowledge management on water markets, water trading and commodity pricing along with strong partnerships

Con l'innovazione e lo sviluppo tecnologico in rapida evoluzione, vi è un impulso sempre più preponderante verso un cambio di paradigma per la gestione delle acque reflue come parte integrante di un'economia circolare. Piuttosto che considerare le acque reflue come una fonte troppo costosa ed uno spreco di denaro per le imprese, vi è la necessità di convertire tale concetto in una possibilità di recupero delle risorse, in modo da sfruttare al meglio la maggior parte delle sostanze presenti nelle acque di scarto (metalli, sostanze organiche, fanghi) come materie prime per ulteriori scopi.

L'evoluzione della gestione delle acque reflue, specialmente nei paesi sviluppati, è da sempre legata alla protezione ambientale e alla lotta alle epidemie: il diciannovesimo secolo ha visto lo sviluppo tecnologico progressivo in questo ambito e l'utilizzo di sistemi sempre più efficienti ha permesso il passaggio dall'età del "buio sanitario" all'era "della rivoluzione sanitaria" (Cooper, 2001); in particolare, gli sviluppi tecnologici che prevedono la rimozione di agenti quali azoto e fosforo, hanno permesso di affrontare il problema sempre più diffuso dell'eutrofizzazione. A tal proposito, la filtrazione a membrana e i relativi progressi nella tecnologia dello sviluppo delle membrane hanno non solo ridotto i rischi per la salute dell'uomo, ma hanno anche aperto nuove opportunità per l'uso di acque reflue, come il riutilizzo a

scopi domestici di acqua potabile. L'uso di tecnologie a membrana (osmosi inversa, microfiltrazione, ultrafiltrazione, ecc.) sta diventando sempre più comune per il trattamento terziario o avanzato, specialmente nei paesi sviluppati, poiché le membrane continuano a fornire risultati sempre più incoraggianti e i costi operativi di utilizzo di tali tecnologie diminuiscono. I bioreattori a membrana (MBR) sono una tecnologia emergente, risultante dall'uso innovativo di separatori a membrana contemporaneamente ai fanghi attivi e, studi recenti, dimostrano che il numero degli impianti con tecnologia MBR sono in aumento (Van Loosdrecht e Brdjanovic, 2014).

Le celle a combustibile microbico invece, sono un'innovazione tecnologica basata su processi bio-elettrochimici di batteri e hanno iniziato a trovare applicazioni nel trattamento delle acque reflue negli ultimi dieci anni, al fine di produrre energia (corrente elettrica) utilizzando la digestione anaerobica che imita le interazioni batteriche presenti in natura; tuttavia, date le sfide nel ridimensionamento per l'applicazione pratica, ulteriori ricerche sono necessarie per raggiungere i requisiti energetici soddisfacenti.

Anche la nanotecnologia è un settore emergente e in crescita con applicazioni potenzialmente promettenti nella purificazione dell'acqua, nonché nel monitoraggio della qualità di essa (Qu et al., 2013).

Per quanto riguarda i trend futuri nei sistemi di trattamento delle acque, recenti studi hanno provato a dimostrare l'ipotesi che la combinazione della gestione centralizzata delle acque reflue con quella delle strutture autonome decentralizzate può essere un servizio implementabile su larga scala, offrendo al contempo vantaggi riguardo gli investimenti, abbattendo i costi di manutenzione e diminuendo quelli di funzionamento, permettendo anche una customizzazione degli impianti rispetto alle condizioni locali (Cairns- Smith et al., 2014).

Nei prossimi due decenni, assisteremo ad un aumento esponenziale dell'urbanizzazione di tutte le città ed entro il 2030, la domanda globale di energia e acqua dovrebbe aumentare del 40% e del 50% rispettivamente (UN-Habitat, 2016); la maggior parte di questa crescita sarà spinta dalle città, che richiederanno nuovi approcci alla gestione delle acque di scarico. Allo stesso tempo, la gestione di queste acque potrebbe anche fornire alcune risposte ad altre sfide, tra cui la produzione di cibo e dello sviluppo industriale.

Lato aziende, l'acqua non è solo una sfida operativa e un elemento di costo dell'industria, ma è anche un'opportunità di crescita: l'incentivo a ridurre al minimo l'uso di acqua, incluse acque reflue e di riciclaggio è un sostanziale risparmio sui costi aziendali (WBCSD, n.d.). Una stima suggerisce a tal proposito, che i volumi di acque reflue industriali trattate raddoppieranno entro il 2025. (UNEP FI, 2007).



3.2 Stato dell'arte della tecnologia e principali sistemi di depurazione

Una statistica spesso citata, indica che le acque reflue sono grossomodo composte al 99% da acqua e per l'1% da sospesi organici, materiali colloidali e solidi disciolti (UN-Water, 2015A). Sebbene la composizione esatta di acque reflue ovviamente varia tra le fonti diverse e nel tempo, l'acqua rimane, di gran lunga, il suo costituente principale. Possono presentarsi diverse fonti di acque reflue e molteplici tipi di componenti con concentrazioni differenti, le acque reflue domestiche e municipali sono note per contenere alti carichi batterici, ma fortunatamente la maggior parte dei batteri presenti nelle feci dell'uomo, non sono patogeni; tuttavia, quando si verifica un'infezione, un grande numero di microrganismi (come batteri, virus, protozoi e parassiti) si diffondono nell'ambiente attraverso le feci. Al fine di ridurre il diffondersi di malattie, la rimozione di agenti patogeni è spesso l'obiettivo principale dei sistemi di trattamento delle acque reflue. Le acque reflue industriali e provenienti da attività minerarie, nonché dalla gestione di rifiuti solidi (ad esempio il percolato delle discariche), contengono anche composti organici tossici come idrocarburi, bifenili poli clorurati (PCB), inquinanti organici persistenti (POP), composti organici volatili (COV) e solventi clorurati. Quantità molto piccole di alcuni composti organici possono contaminare grandi volumi d'acqua: un litro di benzina, per esempio, è sufficiente per contaminarne un milione di litri di acque sotterranee (governo del Canada, n.). Le principali categorie di inquinanti emergenti (tutte le sostanze chimiche sintetiche prodotte dall'uomo) presenti nelle acque reflue sono prodotti farmaceutici (ad esempio antibiotici, analgesici, farmaci anti-infiammatori e psicofarmaci, ecc.), steroidi e ormoni (cioè farmaci anticoncezionali), prodotti per la cura personale (ad esempio profumi, creme solari) repellenti per insetti, pesticidi ed erbicidi, additivi industriali, prodotti chimici e plastificanti e additivi per benzina. Questi inquinanti sono raramente controllati o monitorati e sono necessarie ulteriori ricerche per valutare i loro impatti sulla salute umana e sull'ambiente; è possibile ridurre e mitigare l'uso e rilascio di alcuni tipi di tali sostanze attraverso i regolamenti dei Governi e l'impegno del settore industriale ad evitare tali inquinanti.

3.3 Acque reflue non trattate: impatti sull'ambiente

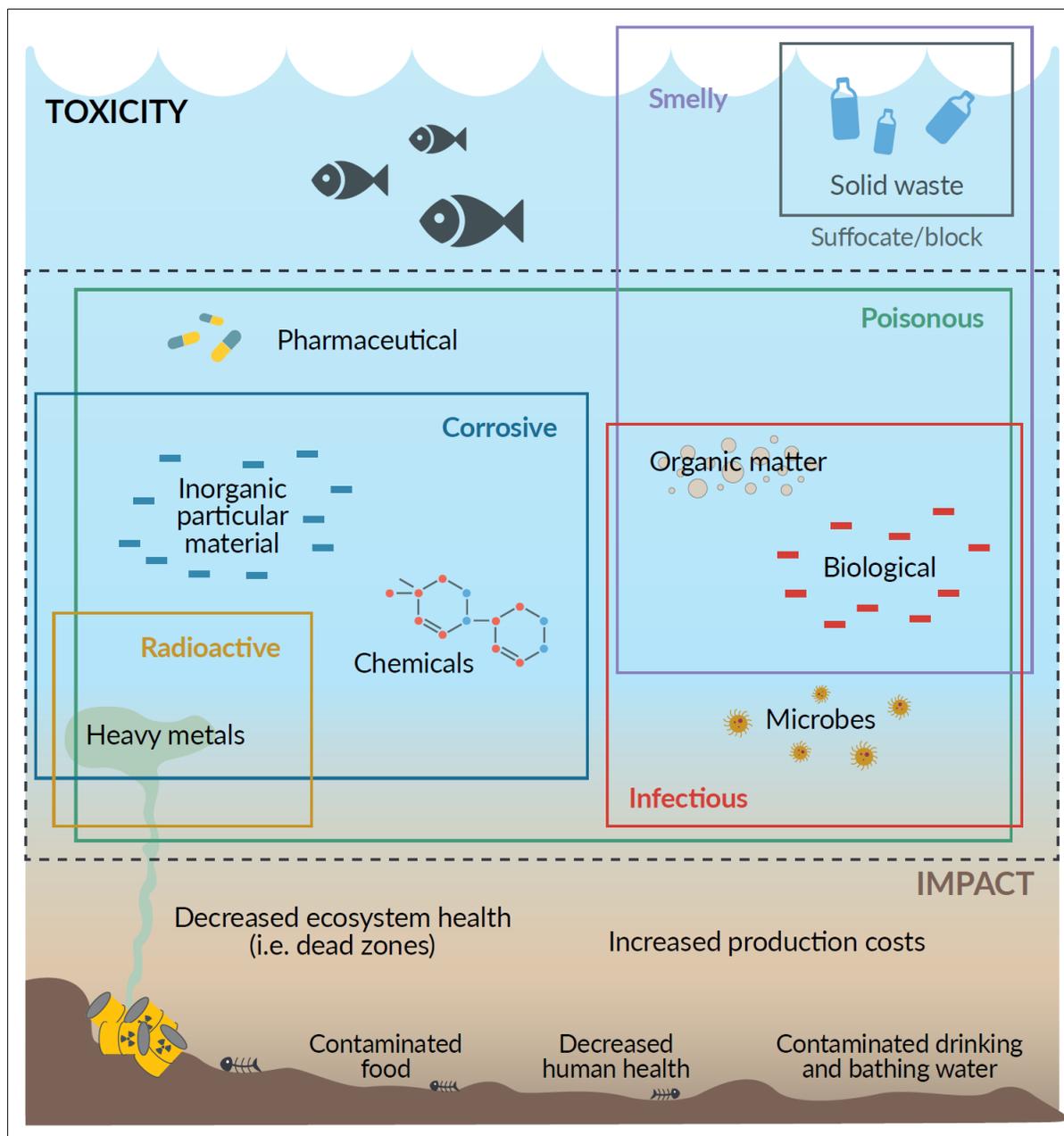


Figura 3-2: Impatto sull'ambiente delle acque non trattate. Fonte Corcoran et al. (2010, Fig. 5, p. 21).

Lo scarico di acque non trattate oppure solo parzialmente trattate nell'ambiente provoca l'inquinamento delle acque superficiali, del suolo e delle acque sotterranee; una volta scaricate nei bacini idrici, le acque reflue possono modificare la disponibilità di acqua non contaminata dei bacini stessi. Le conseguenze del rilascio di acque reflue non trattate o trattate inadeguatamente possono essere classificate in tre gruppi: effetti sulla salute umana associati a

una ridotta qualità dell'acqua; effetti ambientali ed ecosistemi distrutti dovuti al degrado dell'acqua; potenziali effetti sulle attività economiche (UNEP, 2015b). La figura 3.2.1 mostra i componenti delle acque reflue e i loro effetti. Anche se le strutture dei servizi igienico-sanitari domestici sono in continuo miglioramento dal 1990, i rischi per la salute pubblica si devono alla mala gestione, perdite durante lo svuotamento e trasporto, e trattamento delle acque reflue inefficace; si stima che solo il 26% delle strutture di depurazione urbane e il 34% delle strutture igienico-sanitarie prevengono efficacemente il contatto umano con gli inquinanti lungo l'intera catena di servizi igienico-sanitari e possono quindi essere considerati gestiti in modo sicuro (Hutton e Varughese, 2016). Ovviamente, le malattie rimangono diffuse in paesi in cui la copertura di questi servizi sono bassi, dove l'uso di acque reflue non trattate per la produzione di cibo è alto e dove è comune l'uso di acqua contaminata superficiale per qualsiasi tipo di impiego, compreso bere. Nel 2012, si sono stimati 842.000 morti causati da acqua potabile contaminata, lavaggio inadeguato delle mani e strutture e servizi igienici inadeguati (WHO, 2014b). Migliorare i servizi igienico-sanitari e il trattamento delle acque reflue è anche una strategia di intervento chiave per controllare ed eliminare molte malattie, tra cui il colera e alcune malattie tropicali spesso trascurate (NTD), come la febbre dengue, dracunculiasi, filariosi linfatica, schistosomiasi e tracoma (Aagaard-Hansen e Chaignat, 2010). L'accesso dunque a strutture sanitarie funzionanti può contribuire significativamente alla riduzione dei rischi per la salute (vedi figura 3.2.2).

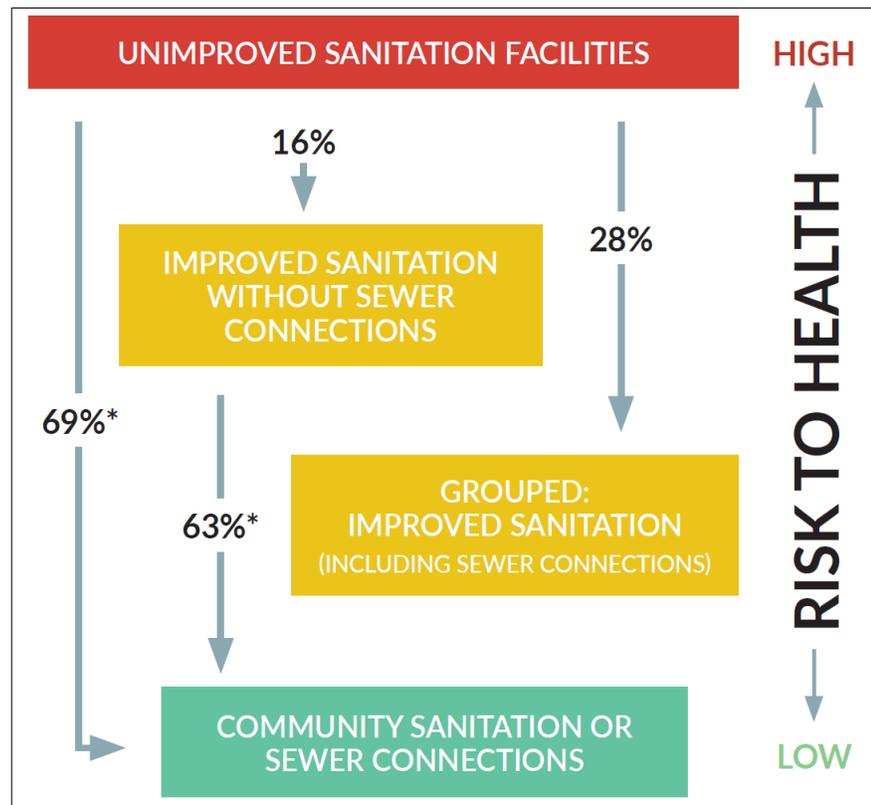


Figura 3-3: rischi per la salute. Fonte: WHO (2014b, Fig. 11, p. 12).

3.4 Caratteristiche dei sistemi di trattamento

Il trattamento delle acque reflue

Tabella 3-2: principali sistemi di depurazione. Fonte: WHO (2006) and UN-Water (2015)

consiste in una combinazione di processi fisici, chimici e biologici da rimuovere, i quali sono i principali costituenti di queste acque. I processi fisici consentono la rimozione di sostanze con l'uso di forze naturali, come la gravità, e barriere fisiche, come filtri e membrane o ultravioletti (UV), che vengono utilizzati principalmente per la disinfezione. L'uso delle membrane sta aumentando a causa dell'alta qualità del prodotto dopo il trattamento e per l'efficace rimozione di microinquinanti organici, dai pesticidi ai prodotti farmaceutici e per la cura della persona (Liu et al., 2009). I sistemi a membrana però, sono caratterizzati da alti consumi di energia e alti livelli di funzionamento e manutenzione (Visvanathan et al., 2000). I processi chimici sono invece spesso usati per la disinfezione e per la rimozione di metalli pesanti.

Type	Nature of wastewater	Advantages	Disadvantages	Components removed
Septic systems	Domestic wastewater	Simple, durable, easy maintenance, small area required	Low treatment efficiency; necessity of a secondary treatment; effluent not odourless; content must be removed at frequent intervals	COD, BOD, TSS; grease
Composting toilets	Human excreta, toilet paper, carbon additive, food waste	Reduce waste consumption and support the recycling of nutrients (e.g. use of resulting sludge in agriculture)	Need of proper design and maintenance in order to protect the environment and human health	Volume reduced from 10 to 30%; pathogens
Anaerobic filter	Pre-settled domestic and industrial wastewater of narrow COD/BOD ratio	Simple and fairly durable, if well constructed and wastewater has been properly pre-treated; high treatment efficiency; little land area required	Filter material can incur high construction costs; clogging of filter can occur; effluent not odourless	BOD, TDS, TSS
Anaerobic treatment (e.g. biodigester, UASB, etc.)	Human excreta, animal and agricultural wastes	Recycling of resource; gas produced can be used for power generation, cooking and lighting	Complex operation and maintenance, which can lead to gas leakage or reduced production and blockage of the digester tank with solids; anaerobic treatment often provides little removal of nutrients	COD, BOD, TSS; grease
Stabilizations ponds Anaerobic, facultative and maturation ponds	Domestic, industrial and agricultural wastewater; good for small/medium sized towns	Maturation ponds can achieve good bacterial removal; need to be desludged at intervals – failing to do so can have serious consequences; biogas can be recovered as a source of energy	Land-intensive; sometimes high BOD and SS in effluent from algae but relatively harmless; sometimes seen as warm weather process but can be used in moderate climates	BOD, SS, TN, TP
Duckweed-based wastewater stabilizations ponds	Domestic and agricultural wastewater	No clogging risk; high nutrient removal rates	Land-intensive; necessity of constant harvesting; unsuitable in very windy regions	BOD, SS, TN, TP, metals
Constructed wetlands	Domestic and agricultural wastewater; small communities; tertiary treatment for industries	Low or no energy requirements; low maintenance costs; provides aesthetic, commercial and habitat value	Land-intensive; clogging of the system can occur	TSS, COD, TN, TP
Aerobic biological treatment (i.e. activated sludge)	Domestic and industrial wastewater Aerators made from stainless steel are resistant to corrosive wastewater, making them suitable for industrial pulp and paper plants, chemical industry and other rough environments	Good removal of BOD, and the plant can be operated to facilitate N and P removal Rapid, economic compared to other methods, odour-free	High maintenance requirements; ineffective in deep water (therefore, basins are generally shallow) and under freezing weather conditions Little removal of bacterial loads and high sludge production	BOD, SS, TN, TP.
Membrane system Microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, RO	Pre-settled wastewater; can be used in combination with biological processes (MBR, MBBR)	Processes that close the water cycle and produce high-purity water for reuse	Higher costs and higher requirements in operation, maintenance and power consumption	Microfiltration and ultrafiltration eliminate all biological agents and macromolecules; nanofiltration removes simple organic molecules; RO removes inorganic ions

BOD Biological oxygen demand – COD Chemical oxygen demand – MBBR Moving bed biofilm reactor – MBR Membrane biological reactors – RO Reverse osmosis – SS Suspended solids – TDS Total dissolved solids – TN Total nitrogen – TP Total phosphorus – TSS Total suspended solids – UASB Upflow anaerobic sludge blanket

Un trattamento chimico primario, ad esempio utilizzando sali ferrici o polielettroliti, può rimuovere BOD e solidi, ma i fanghi generati sono spesso difficili da trattare e smaltire (UN-Water, 2015a). I processi biologici nel trattamento delle acque reflue riproducono il degrado che si verifica naturalmente nei fiumi, laghi e torrenti: questi processi sono usati negli impianti di trattamento delle acque reflue dove i reattori biologici sono progettati per aumentare la



degradazione biochimica in condizioni controllate, quindi migliorando la rimozione di sostanze inquinanti e stabilizzando i fanghi. I processi che si svolgono nei bioreattori possono essere di tipo aerobico o anaerobico: il primo ha spesso bisogno di più energia per mantenere le condizioni aerobiche all'interno del reattore e il rifiuto organico viene convertito in biomassa (fanghi) e anidride carbonica (CO₂). Tuttavia, impedisce la formazione di metano (CH₄), che ha un maggiore potenziale di riscaldamento del clima con il rilascio di CO₂ (Cakir e Stenstrom, 2005). I processi anaerobici o richiedono generalmente meno energia, producono meno fanghi ma generano CH₄; il metano però può essere catturato e utilizzato come fonte di energia. I processi fisici, chimici e biologici sono combinati per raggiungere diversi "livelli" di acque reflue: preliminare, primario, secondario, terziario e quaternario.

La selezione delle tecnologie più appropriate dipende dal tipo di componenti, dal carico di inquinamento, dall'uso previsto delle acque reflue trattate e accessibilità economica. La Tabella 3.2 fornisce alcuni esempi di tecnologie, il tipo di acque reflue per cui sono generalmente utilizzate, i loro vantaggi e svantaggi. Uno dei sottoprodotti del trattamento delle acque reflue è costituito dai fanghi di depurazione; il fango generato è ricco di sostanze nutritive e materia organica, che gli conferisce un considerevole potenziale di utilizzo come ammendante e fertilizzante. In molti casi, tuttavia, il reale beneficio dei fanghi non viene realizzato a causa delle preoccupazioni relative agli agenti patogeni, ai metalli pesanti e ad altri composti che può contenere. Altri sottoprodotti utili delle acque reflue includono il biogas (cioè CH₄) e il calore, che può essere recuperato per un ulteriore utilizzo.

Le acque di scarico vengono generate in grandi quantità e hanno una composizione complessa, contenente vari composti organici e inorganici tossici. La caratterizzazione di tali acque per determinare i principali costituenti è il primo passo per selezionare il trattamento ottimale per la depurazione, insieme a fattori ambientali, considerazioni economiche e quadro normativo locale. Di seguito si cerca di fornire una panoramica dei diversi trattamenti che vengono applicati per il trattamento delle acque: queste tecnologie includono membrane, trattamenti fisici, biologici, termici e chimici.

Tra le molte scelte tecnologiche disponibili, la selezione di un'opzione di gestione per le acque di scarico varia in base a diversi fattori quali le proprietà chimiche e fisiche dell'acqua, la portata dell'acqua generata, l'uso finale, i regolamenti, la fattibilità tecnica ed economica, ecc.; le tecnologie di gestione delle acque e le strategie di prevenzione dell'inquinamento possono essere organizzate, per quanto riguarda le preferenze ambientali, in due sistemi: riutilizzo delle acque depurate oppure loro smaltimento.

Nel 1995 l'American Petroleum Institute formulò un rapporto riguardo la "Best Available Technology for Produced Water Management on Offshore Gas and Oil Installations" (Igwe et al., 2013) per trattare gli effluenti delle acque di scarico che si generano dall'estrazione di gas e petrolio; secondo tale rapporto, i fattori che contribuiscono alla tossicità delle acque di scarico, su cui dovrebbe essere focalizzato il trattamento di depurazione, sono: particelle micro e nanometriche, salinità (maggiore del 9%), composti volatili, sostanze organiche estraibili, ammoniaca e idrogeno solforato. I metodi di trattamento valutati dall'API per ridurre gli inquinanti delle acque reflue a livelli quasi non rilevabili si basano su combinazioni di diverse tecnologie: adsorbimento di carbonio (sistemi modulari a carbone



attivo granulare), filtrazione a membrana (membrane polimeriche a nano filtrazione e osmosi inversa), luce ultravioletta (irraggiamento con lampade UV), ossidazione chimica (ossidazione dell'ozono e / o del perossido di idrogeno) e trattamento biologico (sistema aerobico con biotower a film fisso o crescita sospesa) (Igwe et al. , 2013). Dal 1995 fino ai giorni nostri, i sistemi per il trattamento delle acque sono stati rinnovati e migliorati; in questa sezione vengono discussi diversi metodi fisici, chimici, biologici e le tecnologie combinate, per la depurazione:



- Elettrodialisi: la dialisi è un procedimento fisico con cui si separano una o più sostanze disciolte in un liquido, utilizzando una membrana semipermeabile che permette selettivamente il passaggio di alcune molecole. Il moto delle sostanze è di tipo diffusivo, ovvero è dovuto essenzialmente alla differenza di concentrazione dei soluti tra i solventi nei due compartimenti e cessa una volta giunti all'equilibrio; tra solventi e soluti è importante il contributo dato dalla pressione osmotica. Un altro fattore in grado di influenzare il moto delle sostanze è dato dal gradiente di pressione tra i due compartimenti, a



Figura 3-4: Sistema di Elettrodialisi per trattamento delle acque

condizione che venga ritenuto accettabile il transito di una certa quota di solvente dal comparto sottoposto a pressione maggiore rispetto all'altro: in queste condizioni il moto dei soluti avviene anche per convezione. L'elettrodialisi trasferisce gli ioni da una soluzione all'altra attraverso membrane di scambio ionico selettive: il processo utilizza la tensione in corrente continua per ottenere il trasferimento; l'elettrodialisi bipolare invece utilizza una membrana bipolare per dividere l'acqua in H^+ e OH^- , generando flussi acidi e caustici: questo processo regola il pH di una soluzione senza aggiungere basi o acidi. Attraverso la dialisi vengono rimosse solo le specie ionizzate, lasciando inalterati preziosi componenti e, inoltre, viene ridotto il consumo di sostanze chimiche per la depurazione. Nei processi a membrana a scambio ionico, il miglioramento della selettività degli ioni e la riduzione della permeabilità all'acqua sono due fattori chiave che guidano nuovi metodi di fabbricazione delle membrane. La preparazione della membrana a scambio ionico composito con strati funzionali può essere una soluzione per elevarne le prestazioni; in una ricerca condotta dall' Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, in Cina, si è provato a generare membrane a scambio ionico utilizzando il metodo "layer-by-layer" (strato per strato), cercando di migliorare le proprietà classiche delle membrane, quali selettività e permeabilità: i risultati indicano che la

selettività degli ioni monovalenti è sensibilmente aumentata con il numero di strati della membrana

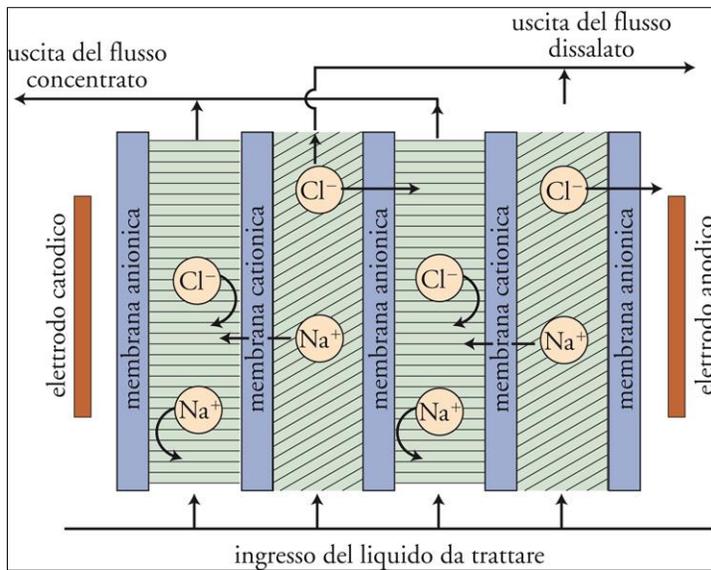


Figura 3-5: Sistema di Elettrodialisi L-b-L per trattamento delle acque

assemblati e viene anche migliorato il controllo del flusso dell'acqua; questo studio ha provato che il metodo L-b-L è una strada percorribile per lo sviluppo di membrane funzionali a scambio di ioni, grazie al controllo delle proprietà delle membrane stesse quali la porosità e, inoltre, ha fornito le basi per un ulteriore studio riguardo al meccanismo di trasporto degli ioni aventi differenti cariche e dimensioni; questa tecnologia a più strati può essere potenzialmente utilizzata nei sistemi di trattamento e recupero delle acque,

desalinizzazione e altri processi chimici. Un altro recente studio condotto nel Laboratory of Chemistry and Environmental Chemistry LCEE della University Hadj Lakhdar, Batna in Algeria, ha provato ad indagare su una possibile tecnologia anti-incrostazione della membrana per l'elettrodialisi, da utilizzare per la desalinizzazione e il trattamento delle acque reflue delle concerie: lo studio di fattibilità si è esteso al recupero dei sottoprodotti e riciclaggio dell'acqua più in generale. Gli esperimenti volgono alla separazione delle proteine e al riciclo dell'acqua trattata: è stata proposta una nuova configurazione della tecnologia per l'elettrodialisi basata su una doppia membrana anti-incrostazione: la membrana a scambio anionico ED (AEM), molto sensibile alle incrostazioni organiche, è protetta da una membrana di ultrafiltrazione impermeabile alle proteine caricate negativamente, che quindi non possono raggiungere la superficie AEM rovinandone l'utilizzo; in questo modo, la materia organica (proteine, peptidi ...) è isolata nel compartimento tra le due membrane e il risultato più importante è la totale assenza di incrostazioni della membrana. I risultati sperimentali hanno inoltre dimostrato l'ipotesi iniziale e hanno suggerito soluzioni promettenti per la risoluzione dell'inquinamento industriale, in cui i processi a membrana non hanno mai avuto un grande successo; [1], [2], [3], [11]

- Osmosi: l'osmosi è un fenomeno naturale, di importanza vitale per gli animali e le piante, che consente di mantenere e regolare la pressione cellulare grazie alla membrana che le costituisce, che è semipermeabile, ovvero permeabile all'acqua ma non a determinati soluti quali i sali disciolti, gli zuccheri e le proteine. Quindi l'osmosi è un processo chimico-fisico che avviene ogni qual volta due soluzioni acquose contenenti diverse concentrazioni



Figura 3-5: Sistema di Osmosi per il trattamento delle acque

saline vengono separate da una membrana semipermeabile, in questa situazione avviene il passaggio spontaneo dell'acqua dalla soluzione più diluita a quella più concentrata sino al raggiungimento della stessa salinità. La pressione che si genera (dal greco *osmós* = spinta) è la cosiddetta "pressione osmotica": tanto maggiore è la differenza tra le concentrazioni saline di partenza e più elevato è il valore della pressione osmotica; un prezioso studio in corso alla School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University, 145, Anam-Ro, Sungbuk-Gu, Seoul nella Corea del Sud sta provando ad utilizzare l'osmosi diretta per il recupero totale di metalli preziosi dalle acque reflue di circuiti stampati; tale processo innovativo utilizza direttamente le acque di scarico dopo la produzione, senza alcuna aggiunta di diluenti o altre sostanze perché sfrutta la caratteristica che le acque presentano in partenza: un'elevata conduttività; a questo punto viene utilizzata una placca di Nichel non elettrificata quale sistema di membrana osmotica e viene fatto scorrere il flusso; la pressione osmotica permette all'acqua di fluire all'interno della membrana e su di essa vengono raccolte grandi quantità di micro particelle di sostanze metalliche; i risultati ottenuti sono promettenti, ma ancora in fase di sperimentazione, a tal ragione infatti sono in fase di studio diversi metalli da utilizzare come membrane filtranti, tra questi il Palladio. Il sistema ideato può essere utilizzato con costi estremamente ridotti ed elevata efficienza in termini energetici per l'estrazione dei metalli; [4], [5], [11]

- Osmosi inversa: esercitando una contropressione, superiore a quella osmotica, il processo si può invertire; le pressioni di esercizio richieste per realizzare l'osmosi inversa possono essere notevoli: se si tratta l'acqua di mare la pressione che occorre esercitare è di diverse decine di atmosfere, mentre per le acque di rete o debolmente salmastre i valori della pressione osmotica si aggirano intorno ai 10 bar. È questo il principio su cui basa l'osmosi inversa: il passaggio dell'acqua attraverso una membrana semipermeabile in verso opposto



Figura 3-6: Sistema di Osmosi per il trattamento delle acque

al naturale, con la generazione di due soluzioni: una ad elevata concentrazione salina e l'altra molto diluita. Le moderne tecnologie offrono sul mercato una vasta scelta di impianti ad osmosi inversa, compatti e molto efficienti, che possono essere impiegati per potabilizzare acque con un'elevata concentrazione di sali e inquinanti, oppure per migliorare la qualità delle comuni acque di rete. Innegabili vantaggi vengono offerti dalla tecnologia dell'osmosi inversa quando l'acqua di rete, seppur potabile, non presenta caratteristiche di eccellenza, come alcune acque di falda caratterizzate da un'elevata concentrazione di nitrati, diserbanti o antiparassitari, o altri inquinanti difficilmente removibili con altre tecnologie; viceversa questa tecnologia offre un trattamento sovrabbondante per una gran parte delle acque di rete, che spesso necessitano solo di un affinamento dei caratteri organolettici. L'osmosi inversa è un processo a membrana, che consente di rimuovere dall'acqua la quasi totalità delle sostanze in essa presenti, sia sospese che disciolte. L'azione di una membrana osmotica non è solo meccanica, la separazione avviene grazie a meccanismi di diffusione e dissoluzione, che intervengono in varia misura e consentono di agire sino a livello ionico. Una membrana osmotica è costituita da un'anima centrale attorno alla quale viene avvolta a spirale una tela semipermeabile in materiale sintetico (ad es. polisolfone). Le membrane vengono generalmente classificate in base alle dimensioni secondo standard espressi generalmente in pollici (ad es. una membrana 4040 corrisponde ad un modulo lungo 40 pollici e largo 4,0), ma anche a seconda della capacità di produzione, generalmente indicata in GPD (galloni al giorno). L'acqua da trattare viene spinta nella membrana da una pompa, che esercita una pressione superiore a quella osmotica, così da ottenere due flussi in uscita: la parte di acqua in ingresso che attraversa la membrana costituisce il permeato (povero di sali) che va all'utilizzo, mentre la rimanente parte fuoriesce con un'elevata concentrazione salina, dovuta all'accumulo di tutti i sali che non hanno attraversato la membrana, si tratta del concentrato (ricco di sali) che va scartato. Il contenuto salino di un'acqua, detto anche Residuo Fisso o TDS (Total Dissolved Solid), si misura in mg/L (o ppm). Una membrana osmotica produce mediamente un 20% di permeato rispetto al flusso in ingresso, ma per gli impianti più grandi, che prevedono l'uso di più membrane in serie, tale valore può superare il 75%. La reiezione di una membrana, ovvero la capacità di rimuovere il soluto presente nell'acqua, è influenzata da svariati parametri quali le caratteristiche stesse dell'acqua, la pressione e la temperatura di esercizio; in ogni caso i valori di rimozione per la stragrande delle sostanze presenti nell'acqua superano generalmente il 95%; una tra le sfide più grandi per gli innovatori è quella di far coesistere l'esistenza di nano-particelle in film polimerici per la composizione delle membrane; questo risulta estremamente complesso in quanto le nano-particelle tendono a coagulare tra loro a causa di una debole compatibilità con i film polimerici: questo problema porta ad avere delle membrane sulle cui interfacce vi sono dei vuoti che compromettono il reale potere filtrante. Per superare questo tipo di problema, diversi scienziati del Department of Mechanical Engineering, 10-367 Donadeo Innovation Center for Engineering, Advanced Water Research Lab (AWRL), University of Alberta, Edmonton, in Canada ha ideato un nuovo sistema di fabbricazione di membrane per l'osmosi inversa denominato TFN:



consiste in una membrana generata tramite una reazione bifasica tra nano-particelle di TiO_2 in un solvente organico, l'eptano; la particolare stabilità delle nano-particelle nel solvente è stata sfruttata per la successiva polimerizzazione e generazione della membrana filtrante, in cui le nanoparticelle sono inglobate uniformemente e non più agglomerate. L'utilizzo di queste specifiche membrane, è adibito in sistemi di trattamento di fluidi in cui sono presenti grandi masse di biomateriali, oppure per sistemi che lavorano ad elevate temperature. Un ulteriore e recente studio condotto nella University of Chinese Academy of Sciences, Beijing in Cina, ha portato all'ideazione di una membrana composta in ossido di grafene, atta alla separazione sia di sostanze organiche che di sali inorganici, con un possibile utilizzo nel campo del trattamento avanzato di acque reflue refrattarie; è stato provato che alcune materie organiche refrattarie o prodotti microbici solubili, rimangono negli effluenti delle acque reflue organiche refrattarie dopo il trattamento biologico e dunque hanno bisogno di un trattamento avanzato prima dello smaltimento finale. L'ossido di grafene è stato selezionato quale materiale per questo tipo di trattamento, in quanto era già noto agli scienziati per avere un uso potenziale in una membrana filtrante per un processo di osmosi inversa; sono state investigate le principali condizioni di preparazione di tale membrana, tra cui la dimensione dei pori della membrana di supporto, il numero di strati ossido di grafene e la pressione applicata: è stato studiato che per la preparazione della membrana di separazione delle sostanze organiche e sali inorganici, gli scarti e il flusso raggiungono l'equilibrio se la membrana di supporto presenta una dimensione dei pori di $\sim 0,1 \mu\text{m}$ e il numero di strati ossido di grafene è ~ 10 strati. La possibilità di applicare una maggiore pressione ($\sim 10 \text{ bar}$) sulla membrana ha contribuito ad ottenere una migliore efficienza, rispetto alle altre membrane, per quanto riguarda gli scarti prodotti (fino al 76%); [6], [7], [8], [11]

- Flocculazione o Precipitazione: la flocculazione consiste in un processo chimico-fisico di un sistema colloidale in cui la fase solida tende a separarsi formando dei fiocchi in sospensione. Alla base del processo stanno fenomeni di adsorbimento, mentre il pH, la temperatura e la forza ionica sono fattori ambientali che non solo influenzano fortemente la flocculazione, ma anche la formazione di aggregati, ovvero fiocchi in sospensione attraverso la precipitazione di elementi disidratati. La flocculazione viene sfruttata in trattamenti di purificazione delle acque, sia grezze che reflue, e in particolar modo quando si intende eliminare particelle colloidali difficilmente sedimentabili o filtrabili. L'acqua da trattare viene fatta passare nella vasca di flocculazione dopo essere passata dalla vasca di coagulazione e prima di essere inviata alla vasca di sedimentazione. Un classico impianto che sfrutta un processo di flocculazione è un chiaroflocculatore, apparecchiatura che abbina la flocculazione alla chiarificazione ottenuta tramite sedimentazione; un chiaroflocculatore è essenzialmente una vasca costituita da organi meccanici di miscelazione: l'acqua da trattare viene immessa lateralmente dal basso e viene convogliata, insieme con i reagenti introdotti dalla parte superiore, nella zona di miscelazione. L'acqua trattata esce lateralmente dall'alto, mentre nella parte inferiore dell'apparecchiatura si ha lo spurgo dei fanghi. Di rilievo un recente



studio condotto dalla University of Technology, Maanshan, Anhui in China, in cui si è cercato di rimuovere diversi tipi di oli emulsionati per ottenere acqua purificata, attraverso cationi flocculanti di poliacrilamide idrofobici, sintetizzati attraverso tecniche UV a bassa pressione: le acque reflue utilizzate per gli esperimenti, presentavano una grande concentrazione di oli, i quali sono stati rimossi in percentuali comprese tra il 95% e il 98%, diminuendo la torbidità stessa delle acque fino a risultati estremamente soddisfacenti.^[9],11]

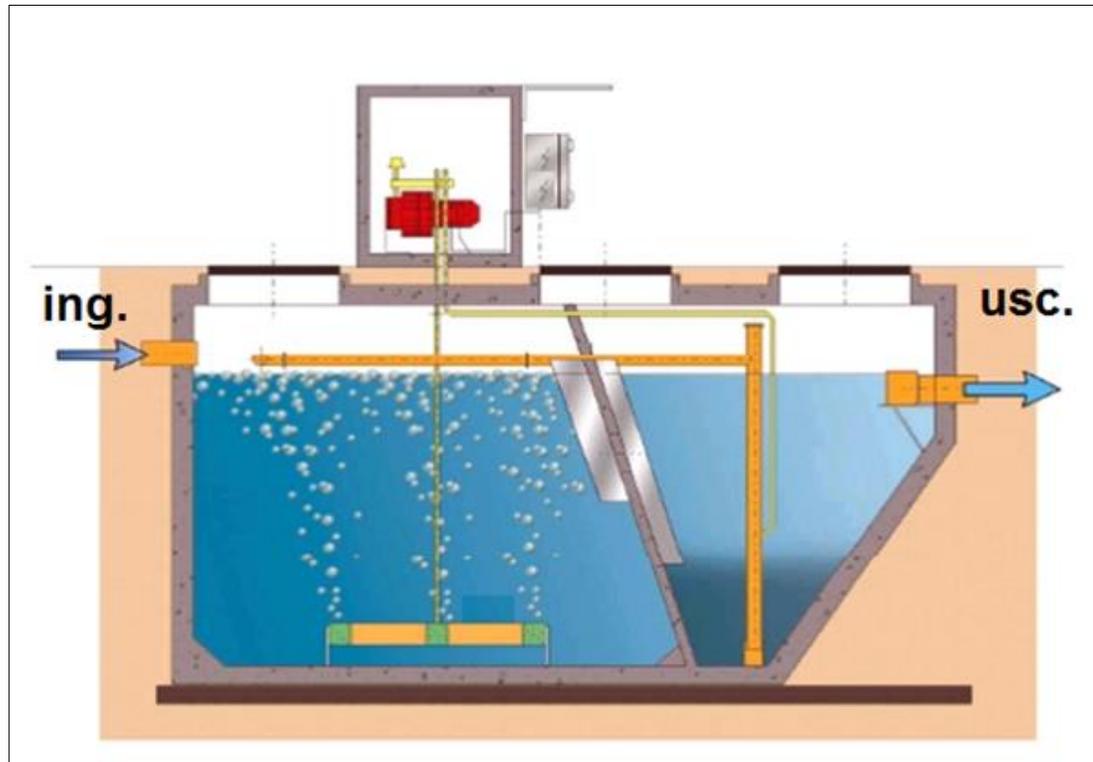


Figura 3-7: Sistema di Flocculazione per trattamento delle acque

- Adsorbimento: l'adsorbimento è un trattamento che può portare all'ottenimento di una qualità dell'acqua tra le più elevate, poiché è in grado di trattenere gli inquinanti in una percentuale estremamente grande rispetto agli altri sistemi; i costi di installazione e manutenzione dei sistemi di adsorbimento sono i principali inconvenienti di questa tecnologia e solo situazioni in cui è richiesto un alto valore aggiunto al prodotto finito (acqua pura) giustificano la loro installazione. I principali limiti di questi metodi, oltre al grande costo, sono identificati in quelle particelle sospese che possono tappare i supporti adsorbenti. (Daigle 2012).
- Trattamenti Biologici: la biodegradazione microbica è nota per essere un trattamento efficace per rimuovere diversi tipi di composti, inclusi gli idrocarburi del petrolio; nell'ossidazione biologica, i composti organici disciolti e l'ammoniaca vengono convertiti in acqua e CO₂ e nitrati o nitriti, da microrganismi come batteri, alghe, funghi e protozoi. I principali meccanismi sull'ossidazione biologica degli idrocarburi sono la biodegradazione e la bioflocculazione. Nella biodegradazione, i batteri decompongono l'idrocarburo in molecole più piccole mentre usano l'energia chimica rilasciata per il loro metabolismo. La bioflocculazione invece, si utilizza principalmente in presenza di fanghi sospesi.

- Trattamenti termici: queste tecnologie sono particolarmente adatte per le regioni in cui il costo energetico è relativamente basso e, in genere, questo trattamento specifico è applicato nei paesi che estraggono petrolio; l'evaporazione, la distillazione multistadio, la distillazione a compressione di vapore e la distillazione multi effetto, sono i principali trattamenti termici e possono essere combinati tra loro per una maggiore efficienza; il principale vantaggio di questi trattamenti termici è la tolleranza alla elevata salinità nelle acque da trattare. (Hamed, 2004).

4 Brevetti e Codici IPC

Senza IP, molti progetti innovativi che utilizzano sistemi di depurazione in continua evoluzione descritti nel capitolo precedente non sarebbero redditizi, perché chiunque potrebbe semplicemente copiare i risultati ottenuti da qualcun altro e farli propri indebitamente per sviluppare il proprio prodotto.

Lo studio riguardo questa particolare tecnologia e il suo sviluppo nel corso del tempo è stato condotto attraverso l'identificazione dei codici IPC relativi ai vari sistemi brevettati e analizzati in merito alla loro evoluzione negli anni sia come numerosità, sia come categoria di appartenenza alle diverse aziende presenti in questo campo.

4.1 Brevetti

Nel linguaggio tecnico dei brevetti, un'invenzione è definita come una soluzione nuova e innovativa in risposta a un problema tecnico. L'invenzione può fare riferimento alla creazione di un congegno, prodotto, metodo o procedimento completamente nuovo o può semplicemente rappresentare un miglioramento di un dato prodotto o procedimento già esistente. La mera scoperta di qualcosa che già esiste in natura non può essere qualificata come un'invenzione; pertanto possono essere oggetto di brevetto le invenzioni nuove, che implicano un'attività inventiva e che sono atte ad avere un'applicazione industriale (oltre, ovviamente, a essere lecite, ovvero non contrarie all'ordine pubblico e al buon costume).

Possano costituire oggetto di brevetto:

- le invenzioni industriali;
- i modelli di utilità;
- le nuove varietà vegetali.

Più propriamente si definisce: brevetto, il titolo per le invenzioni industriali e i modelli di utilità privativa, il titolo per le nuove varietà vegetali. In alternativa alla brevettazione, per tutelare la propria invenzione esistono poi altre forme di protezione.

Secondo l'art. 46 CPI l'invenzione non deve essere già compresa nello stato della tecnica; ove per stato della tecnica si intende tutto ciò che è stato reso accessibile al pubblico, in Italia o all'estero, prima della data del deposito della domanda di brevetto mediante descrizione scritta od orale, una utilizzazione o un qualsiasi altro mezzo. Ad esempio, se un'invenzione identica a quella oggetto della domanda di brevetto è già stata realizzata da un terzo, ma mai divulgata, sarà possibile procedere ugualmente al deposito della domanda; se, invece, quest'ultimo l'ha già esposta in una fiera, l'altrui invenzione non potrà più essere considerata nuova. Allo stesso modo, la pubblicazione dell'invenzione in un giornale scientifico, la relativa presentazione in una conferenza, l'utilizzo in ambito



commerciale, l'esposizione in un catalogo costituiscono atti in grado di annullare la novità dell'invenzione e, quindi, di renderla non brevettabile (e ciò anche nel caso che la pre-divulgazione sia opera dello stesso autore dell'innovazione). È pertanto importante impedire la rivelazione accidentale delle invenzioni prima di depositare una domanda di brevetto e – laddove sia necessario comunicare a terzi informazioni confidenziali inerenti a tale invenzione – far sottoscrivere a questi ultimi accordi di segretezza appositamente predisposti che li obblighino a non divulgare le predette informazioni in maniera non autorizzata.

L'art. 48 CPI precisa che un'invenzione implica un'attività inventiva quando, per una persona esperta in quel particolare campo tecnologico, non risulta in modo evidente dallo stato della tecnica. Il requisito della non ovvietà intende assicurare che i brevetti siano concessi solo a risultati oggetto di un processo inventivo o creativo e non a processi che una persona, con ordinaria abilità nel campo tecnologico relativo, potrebbe facilmente dedurre da quanto già esiste. Esempi di una insufficiente attività inventiva, secondo quanto statuito dalle Corti di giustizia di diversi Paesi, sono: il mero cambio di un'unità di misura, il rendere un prodotto portatile, la sostituzione e il cambiamento di un materiale, la sostituzione di una parte con un'altra avente ugual funzionamento. Come pure è stata reputata non brevettabile l'applicazione di una precedente invenzione a un campo diverso da quello in cui l'invenzione originaria è stata concepita, poiché il tecnico medio del settore avrebbe potuto arrivare senza difficoltà alla soluzione tecnica proposta dal secondo brevetto. Può essere brevettata, viceversa, l'invenzione di una combinazione che applichi una formula nota a un processo anch'esso noto, sempre però che ne derivi un quid novi, consistente in un progresso dello stato della tecnica.

Secondo l'art. 49 CPI, un'invenzione è considerata atta ad avere un'applicazione industriale se il suo oggetto può essere fabbricato o utilizzato in qualsiasi genere di industria, compresa quella agricola. Un'invenzione non può pertanto essere un semplice processo intellettuale, ma deve essere producibile, utile e in grado di generare effetti pratici. Per essere brevettabile, deve poter essere oggetto di utilizzazione industriale, ove il termine "industriale" è qui inteso nel suo più ampio significato, come un qualcosa di distinto dall'attività puramente estetica o speculativa.

Il brevetto è un formidabile strumento commerciale per le imprese, che consente loro: di proteggere i propri investimenti in ricerca e innovazione, evitando che altri utilizzino gratuitamente il frutto di tali attività di acquisire risorse economiche supplementari attraverso la gestione economica dei suoi diritti di uso.

I brevetti sono diritti territoriali, e pertanto sono protetti unicamente in quei Paesi e in quelle regioni, vale a dire determinati insiemi di Paesi, in cui sono stati concessi. In altri termini, se un brevetto è privo di protezione in un Paese, l'invenzione (o il modello di utilità, o la nuova varietà vegetale) potrà essere replicata, utilizzata, importata o venduta da chiunque in quel territorio. La protezione di un brevetto nei Paesi stranieri dà viceversa al titolare la possibilità di beneficiare degli stessi diritti esclusivi di cui gode in Italia.

Brevettare all'estero serve inoltre ad ampliare lo spettro delle opportunità di concessione di licenze d'uso a imprese straniere, sviluppando rapporti esterni all'azienda e beneficiando di una modalità di accesso alternativa a mercati stranieri attraverso la collaborazione con altre aziende.



Poiché proteggere un brevetto all'estero è molto costoso, è opportuno selezionare attentamente i Paesi in cui richiedere tale protezione, verificando una serie di condizioni, tra cui dove sarà fabbricato il prodotto, dove è più probabile che venga commercializzato il prodotto brevettato, quali sono i principali mercati per prodotti simili, dove sono i principali concorrenti, quali sono i costi necessari per brevettare, quali saranno le difficoltà procedurali per proteggere un brevetto in un dato Paese.

In Europa, l'organo che si occupa della proprietà intellettuale è l'EPO: l'European Patent Office; in quanto ufficio brevetti a livello Europeo, si occupa di sostenere l'innovazione, la competitività e la crescita economica degli Stati membri. L' EPO è un'organizzazione intergovernativa che è stata istituita il 7 ottobre 1977 sulla base della Convenzione sul brevetto europeo (EPC) firmata a Monaco di Baviera nel 1973 e attualmente l'Organizzazione conta 38 stati membri, compresi tutti gli stati membri dell'Unione Europea insieme ad Albania, Croazia, ex Repubblica jugoslava di Macedonia, Islanda, Liechtenstein, Monaco, Norvegia, San Marino, Serbia, Svizzera e Turchia. L'EPO ha sede a Monaco (Art. 6 EPC) e la sua missione è di concedere brevetti europei in conformità con la EPC: European Policy Centre.

La protezione per le invenzioni a livello internazionale, è ottenibile attraverso la procedura PCT, ovvero il Patent Cooperation Treaty, un trattato multilaterale aperto gestito dal WIPO (l'Organizzazione Mondiale della proprietà Intellettuale) tale procedura PCT facilita l'ottenimento della protezione per le proprie invenzioni in 152 paesi, europei ed extra europei, firmatari del Trattato. I principali vantaggi della procedura PCT rispetto ai depositi diretti sono la domanda unica presso il proprio Ufficio nazionale, regionale o presso l'Ufficio Internazionale di Ginevra, avente effetto di un regolare deposito in ciascuno degli Stati designati, l'ottenimento di un rapporto di ricerca per la valutazione dei requisiti di brevettabilità, la possibilità di richiedere un Esame Preliminare Internazionale come ulteriore analisi dei requisiti di brevettabilità, la pubblicazione internazionale della domanda in forma centralizzata e dilazione dei tempi per entrare nelle fasi nazionali; la domanda internazionale PCT infatti, non elimina la necessità di proseguire la procedura per l'ottenimento del brevetto presso gli uffici di proprietà industriale di ogni singolo Stato designato (o entità regionali). Rispetto ai depositi diretti, il sistema PCT offre però al depositante il vantaggio di dilatare i tempi necessari per determinare gli Stati o le entità regionali nei quali risulti interessato a richiedere il brevetto, che altrimenti resterebbero fissati in 12 mesi dalla data di deposito della prima domanda: questo tempo aggiuntivo consente una più agevole determinazione degli Stati in cui chiedere effettivamente protezione brevettuale e sfruttare commercialmente la propria invenzione.



4.1.1 Un asset da proteggere e una risorsa da valorizzare

Oggi il valore di molte aziende è costituito al 90% dai cosiddetti intangible assets, costituiti in maggior parte da diritti di proprietà industriale (UIBM). Con la protezione brevettuale è possibile impedire ad altri di brevettare invenzioni identiche o simili e anche di violare i diritti d'uso (produzione e commercializzazione) oggetto del brevetto. Possedere un brevetto forte fornisce concrete possibilità di ottenere successo nelle azioni legali contro coloro che copiano l'invenzione protetta.

Un buon portafoglio brevetti può essere percepito dai partner commerciali, dagli investitori, dagli azionisti e dai clienti come una dimostrazione dell'alto livello di qualità, specializzazione e capacità tecnologica dell'azienda, elevandone l'immagine positiva.

Utilizzando il brevetto non solo per disporre di un diritto esclusivo sul mercato, ma anche come una normale proprietà o bene, è possibile ottenere i seguenti vantaggi economici e competitivi: profitti supplementari derivanti dalla concessione di licenze d'uso o dall'assegnazione del brevetto: il titolare di un brevetto può cederne l'uso a terzi in cambio di un compenso pecuniario e/o del pagamento di "royalty", in modo da produrre profitti supplementari per la propria impresa; la vendita (o l'assegnazione) di un brevetto implica il trasferimento della proprietà sullo stesso, mentre la licenza di un brevetto comporta la sola possibilità di servirsi dell'invenzione brevettata a specifiche condizioni profitti più alti o utili sugli investimenti: se l'impresa ha investito una quantità significativa di denaro e di tempo in R&S, la protezione brevettuale derivante dall'invenzione può rivelarsi uno strumento economico e finanziario per un ritorno degli investimenti accesso alla tecnologia mediante licenze incrociate: qualora l'impresa fosse interessata a una tecnologia di proprietà di un'altra impresa, potrà utilizzare i propri brevetti al fine di negoziare un accordo in base al quale le due imprese potranno utilizzare, nel rispetto delle condizioni previste dall'accordo stesso, uno o più dei rispettivi brevetti accesso a nuovi mercati: la concessione a terzi di una licenza su un brevetto può determinare l'accesso a nuovi mercati che sarebbero altrimenti inaccessibili; in questo caso è consigliabile proteggere l'invenzione anche nel mercato straniero d'interesse maggiori possibilità di ottenere contributi finanziari dai soggetti intermediari a fronte della titolarità di un asset intangibile: la proprietà di brevetti (ovvero la licenza d'uso di brevetti posseduti da altri) può rivelarsi essenziale per ottenere risorse finanziarie integrative in sede di produzione e commercializzazione dei propri prodotti; in alcuni settori, come ad esempio quello delle biotecnologie, spesso è necessario disporre di un importante portafoglio di brevetti per attirare investitori pronti a finanziare progetti ambiziosi.

Depositare una domanda di brevetto (o una privativa) è una scelta strategica da valutare con attenzione. Non sempre è opportuno procedere: se un'invenzione è brevettabile, infatti, non necessariamente consegue che essa produrrà un prodotto o una tecnologia valida dal punto di vista commerciale. Prima di depositare una domanda è pertanto essenziale effettuare un'attenta valutazione, unitamente a un'analisi delle possibili alternative. Un brevetto può



essere difficile e costoso da ottenere, amministrare e proteggere. La sua domanda dovrebbe essere basata soprattutto sulle probabilità di ricevere una protezione commercialmente utile e, di conseguenza, sulle possibilità di ottenere significativi profitti attraverso un suo eventuale utilizzo commerciale.

I fattori da prendere in considerazione per decidere se depositare una domanda di brevetto per invenzione o un modello d'utilità o una nuova varietà vegetale sono molteplici: ci si può domandare ad esempio se esiste un mercato su cui lanciare l'invenzione o se esistono invenzioni simili a quelle ideate, se l'invenzione è utile per migliorare un prodotto esistente o piuttosto per svilupparne uno nuovo, se ci sono potenziali licenziatari e investitori che saranno disposti ad aiutare a lanciare il prodotto sul mercato e quale sarà l'importanza dell'invenzione per l'azienda e per i concorrenti; inoltre si deve valutare quali sono i profitti derivanti dalla posizione che si prevede di raggiungere nel mercato dopo la brevettazione e se essi sono tali da giustificare i costi del brevetto; infine, si pone l'attenzione su quali aspetti dell'invenzione possono essere protetti da uno o più brevetti, quanto può essere ampia questa copertura, in che misura quest'ultima potrà fornire una protezione commercialmente utile e quanto facile sarà identificare la violazione da parte di terzi dei diritti di brevetto detenuti.

4.1.2 Rivendicare una priorità

Chiunque abbia regolarmente depositato una domanda di brevetto d'invenzione o di modello di utilità in uno degli stati facenti parte della Convenzione di Parigi può fruire durante i successivi dodici mesi di un diritto di priorità per effettuare il deposito di una domanda di brevetto internazionale riguardante la medesima invenzione mantenendo all'estero la stessa data di validità nazionale.

Trascorsi i 12 mesi dalla data di deposito nazionale non sarà più possibile rivendicare la priorità.

È consigliabile presentare la rivendicazione della priorità contestualmente al deposito della domanda di estensione all'estero. Tale comunicazione può, però, essere presentata anche successivamente entro il termine di 16 mesi dalla data della prima priorità rivendicata.

Per far valere il diritto di priorità è necessario allegare alla domanda il documento di priorità, che consiste in una copia conforme della domanda nazionale di base rilasciata dall'ufficio brevetti nazionale presso cui è avvenuto il primo deposito.

Dopo la scadenza del periodo di priorità e fino a quando la domanda non viene pubblicata per la prima volta dall'Ufficio brevetti (generalmente dopo 18 mesi dalla data di priorità) in linea teorica potrebbe essere ancora possibile chiedere la protezione per la stessa invenzione in altri Paesi, ma non sarà più possibile rivendicare la priorità del primo deposito.

Occorre sottolineare che, una volta avvenuta la pubblicazione dell'invenzione, questa compromette il requisito della novità per gli eventuali depositi successivi.



Invenzioni e modelli di utilità

Ci sono tre modalità principali per proteggere un'invenzione o un modello di utilità all'estero:

1. Il percorso nazionale: si può richiedere protezione presso l'Ufficio brevetti nazionale di ogni Paese di interesse, provvedendo al deposito della domanda di brevetto nella lingua prevista e pagando le relative tasse. In molti Paesi, inoltre, ai richiedenti stranieri è richiesto quale requisito di utilizzare i locali consulenti in proprietà industriale. Questo percorso può essere molto costoso, oltreché scomodo, nel caso in cui il numero di Paesi sia ampio.
2. Il percorso regionale: quando molti Paesi sono membri di un sistema regionale di brevetti, è possibile inoltrare richiesta di protezione con effetto sui territori di tutti o di alcuni di questi Paesi, attraverso l'ufficio regionale competente: per l'Europa, l'Ufficio Europeo dei Brevetti - EPO.
3. Il percorso internazionale: se un'impresa intende proteggere un'invenzione o un modello di utilità in un certo numero di Paesi membri del Trattato di Cooperazione sui Brevetti (PCT – Patent Cooperation Treaty), può considerare l'opportunità di inoltrare una domanda internazionale di brevetto (PCT). Una sola domanda PCT, in una sola lingua e a fronte del pagamento di un unico gruppo di imposte, ha efficacia legale in tutti i Paesi membri PCT. Questo sistema riduce in modo significativo i costi iniziali della procedura, evitando che siano presentate singole domande per ogni Ufficio brevetti. Il PCT può anche essere utilizzato per inoltrare domande in alcuni dei sistemi regionali di brevetto. Inoltrando una domanda internazionale ai sensi del PCT, si può, allo stesso tempo, ottenere un'opinione preliminare non vincolante sulla brevettabilità valida in 152 Paesi.

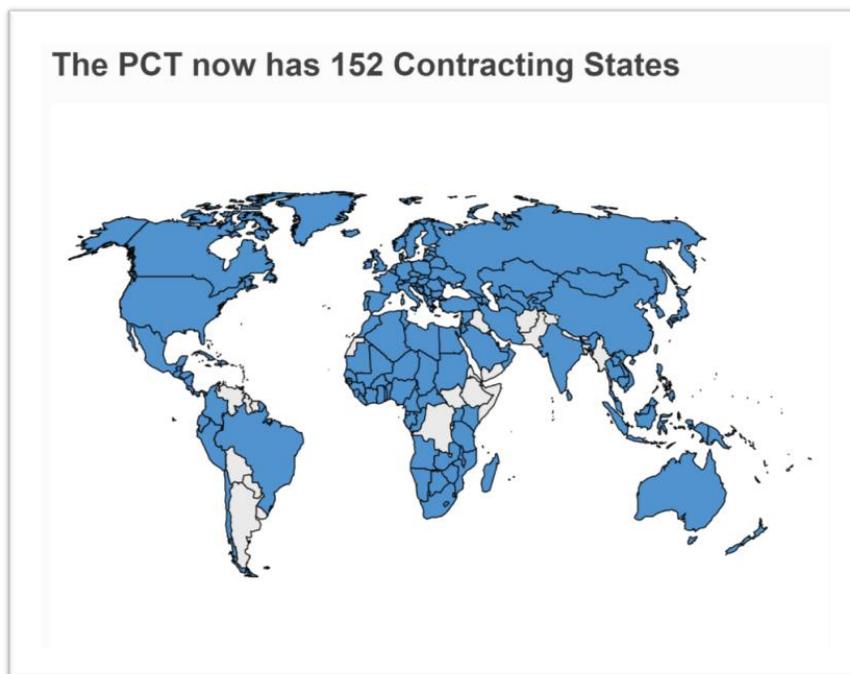


Figura 4-1: Mappa Mondiale in cui sono identificati in blu i paesi dove è possibile brevettare una tecnologia

I modelli di utilità invece offrono una protezione meno efficace rispetto ai brevetti, per un periodo di tempo più breve, ma di solito sono registrati e pubblicati molto più rapidamente dei brevetti mentre il copyright non deve essere registrato; esso infatti esiste automaticamente quando viene creata un'opera e protegge qualsiasi tipo di espressione creativa originale, tra cui letteratura, arte, teatro, musica, fotografie, registrazioni e trasmissioni.

Un marchio è costituito da segni in grado di distinguere prodotti o servizi di un'impresa o società (citati nella legislazione come azienda) da quelli di un'altra impresa. I marchi commerciali servono a indicare la fonte commerciale o l'origine dei prodotti e dei servizi a cui si riferiscono; inoltre, i marchi possono soddisfare altre funzioni come pubblicità o avviamento. I diversi tipi di marchi comprendono marchi denominativi, marchi figurativi e marchi di forma e colore. Secondo la definizione, i marchi o i segni devono essere distintivi una mancanza di carattere distintivo è quindi un motivo assoluto di rifiuto della registrazione. I marchi che sono descrittivi o generici non sono in grado di soddisfare la funzione di origine; altri impedimenti assoluti alla registrazione includono segni contrari all'ordine pubblico e ai principi di moralità. Esistono impedimenti relativi alla registrazione se la coesistenza pacifica di due marchi non è possibile a causa del rischio di confusione da parte del consumatore.

Per quanto riguarda i design registrati, proteggono l'aspetto esteriore di un prodotto, ma non danno alcuna protezione per gli aspetti tecnici. Includono nuovi modelli, ornamenti e forme; per essere registrati ufficialmente, i design devono essere originali e distintivi e i relativi aspetti artistici possono anche essere protetti da copyright.

I segreti commerciali riguardano informazioni non note al pubblico quali ad esempio il know-how aziendale; se il possessore delle informazioni è attento a mantenerlo riservato, può denunciare chiunque lo rubi e ne faccia un uso improprio.

4.1.3 I codici IPC

La Classificazione Internazionale dei Brevetti (IPC - International Patent Classification), istituita con l'Accordo di Strasburgo nel 1971, prevede un sistema gerarchico di codici per classificare e ricercare brevetti e modelli di utilità, ma anche pubblicazioni, articoli scientifici e testi tecnici in generale, secondo le differenti aree tecnologiche a cui appartengono. Viene aggiornata periodicamente: dal 2006 è in vigore l'ottava versione, che contiene circa 70.000 voci; attualmente la IPC è usata da oltre 100 nazioni e autorità brevettuali.



In tale classificazione le invenzioni sono classificate in base alle caratteristiche funzionali e non alle possibili applicazioni. La IPC suddivide le tecnologie brevettabili in otto sezioni (A - H), a loro volta distribuite in livelli sempre più dettagliati (sottosezioni, classi, sottoclassi, gruppi e sottogruppi).

Solo la IPC ha valore ufficiale e compare sulle pubblicazioni brevettuali, la CPC viene riportata esclusivamente nelle banche dati, con la sola eccezione degli USA. La IPC viene attribuita dagli Uffici brevetti che ricevono le domande e non viene più modificata, anche se vi sono state modifiche che hanno interessato proprio quella classificazione. Al contrario, la CPC attribuita ai documenti è dinamica e viene costantemente aggiornata non appena entrano in vigore le revisioni.

Al fine di mantenere la IPC aggiornata, viene sottoposta a revisione ogni anno e la nuova versione viene pubblicata regolarmente sul sito del WIPO.

L'altro sistema di classificazione maggiormente adottato è quello della classificazione europea ECLA (European Classification), utilizzato dall'Ufficio Brevetti Europeo (EPO – European Patent Office). Si basa sul sistema IPC, ma è più dettagliato (presenta un numero di categorie quasi doppio rispetto a IPC) e più frequentemente aggiornato, per collocare al meglio ogni nuova tecnologia. La classificazione risulta di conseguenza più affinata e precisa e consente ricerche documentali maggiormente efficaci; di contro, non tutti i documenti sono classificati secondo l'ECLA, e potrebbero pertanto non essere reperibili.



5 Metodo di Analisi

5.1 Panoramica generale

L'analisi, come detto, è stata condotta attraverso lo studio di dati brevettuali, i quali sono stati reperiti manualmente attraverso l'utilizzo di siti svolgenti la funzione di database online, nello specifico: il sito della WIPO e Clarivate.

Prima di tutto, la ricerca è stata rivolta alle principali metodologie di impianti di depurazione esistenti ponendo l'attenzione sulle caratteristiche di ognuna di esse; una volta assimilate queste informazioni si è cercato di estrapolare i principi fisici alla base di tali tecnologie e, una volta identificati, si è passati ad un focus sui brevetti e codici IPC che rispecchiassero tali principi fisici.

In secondo luogo, la ricerca si è spostata nell'individuazione dei codici IPC di interesse attraverso l'utilizzo del sito della WIPO (World Intellectual Property Organization), sito in cui vengono pubblicati ufficialmente tutti i documenti riguardanti le invenzioni brevettate nel mondo; tale sito è suddiviso in molteplici sezioni, ognuna comprendente tutti i brevetti relativi a tale macro area di appartenenza, in particolare notiamo:

- Human Necessities: una categoria che racchiude le tecnologie riguardanti agricoltura, tabacco, cibo, salute, life-saving e articoli domestici;
- Performing Operations e Transporting: questa seconda categoria comprende diversi tipi di processi chimici quali schiacciamento, polverizzazione, preparazione per granulati, mescolatura, apparati centrifughi, atomizzazione e nanotecnologie e una parte riguardante tutti i tipi di trasporti;
- Chemistry e Metallurgy: questa categoria è quella sul quale si è condotta tutta la ricerca dei codici IPC in quanto concerne tutta la chimica sia organica che inorganica, i metodi di trattamento e depurazione delle acque, acque reflue, fognature e fanghi, ma anche la lavorazione del petrolio, carbone, gas, resine, composti macromolecolari fino ad arrivare alla trattazione di birra, vino e aceto; non solo, questa categoria comprende anche tutti i brevetti riguardanti la metallurgia, dei composti ferrosi e non ferrosi e di tutte le leghe metalliche conosciute;
- Textile e Paper: categoria concernente i materiali e le fibre tessili e tutti i sistemi di lavorazione degli stessi, cucitura, tessitura, taglio, stampaggio e altri; inoltre, comprende anche i sistemi di produzione e lavorazione della carta;

- Fixed Construction: riguarda i sistemi di costruzione di strade, ferrovie, ponti, perforazioni ed estrazioni di qualsiasi tipologia di roccia, ma anche di serrature, chiavi, sistemi di sicurezza quali casseforti, finestre e porte;
- Le ultime categorie comprendono tutti i brevetti relativi alle tecnologie sviluppate in ambito ingegneristico e fisico sui temi di riscaldamento, illuminazione, armamenti, ottica, misurazioni, acustica e strumenti acustici, elettricità ed altre.

Posta l'attenzione sulla terza categoria, identificata dal sito con la lettera C riguardante i principi chimici e metallurgici, si sono cercati i codici IPC delle tecnologie circa i sistemi di trattamento e depurazione in generale che vanno dal codice C02F1/00 al codice C02F103/00, partendo dalle macro-categorie presenti (1 e 103 identificano le macro categorie) fino ad arrivare a categorie estremamente più dettagliate (identificate da numeri progressivi dopo “/”); scansionando manualmente tutti i codici IPC presenti, si è fatta una cernita di quelli sicuramente interessanti e di quelli invece trascurabili. Trasferendo tali dati su Excel è stato possibile ordinarli per categorie, funzionalità e codici IPC crescenti: sono stati classificati infatti tutti i codici contenenti la dicitura C02F appartenenti alla categoria 1 (C02F1), tredici tecnologie appartenenti alla famiglia 3 dei sistemi aerobici (C02F3) e cinque appartenenti alla categoria 5 dei sistemi di precipitazione (C02F5). Terminata questa operazione, che mi è servita come base per tutte le ricerche successive, è stato possibile approfondire lo studio con un'analisi più accurata tramite un altro strumento informatico online: il sito Clarivate.

Clarivate e più specificatamente la piattaforma Derwent Innovation, la quale fornisce accesso a dati affidabili sui brevetti globali e alla letteratura scientifica con potenti funzionalità per eseguire eventuali analisi, mi hanno permesso di cercare informazioni aggiuntive tramite query inseribili in un apposito campo; le query prevedevano dei limiti temporali, che sono stati fissati dal 2001 al 2017 e inizialmente solo i codici IPC selezionati tramite la ricerca precedente: un primo risultato fornito è stato piuttosto sorprendente, in quanto sono stati rilevati 48556 brevetti in tutto il mondo appartenenti a più di 700 aziende differenti.

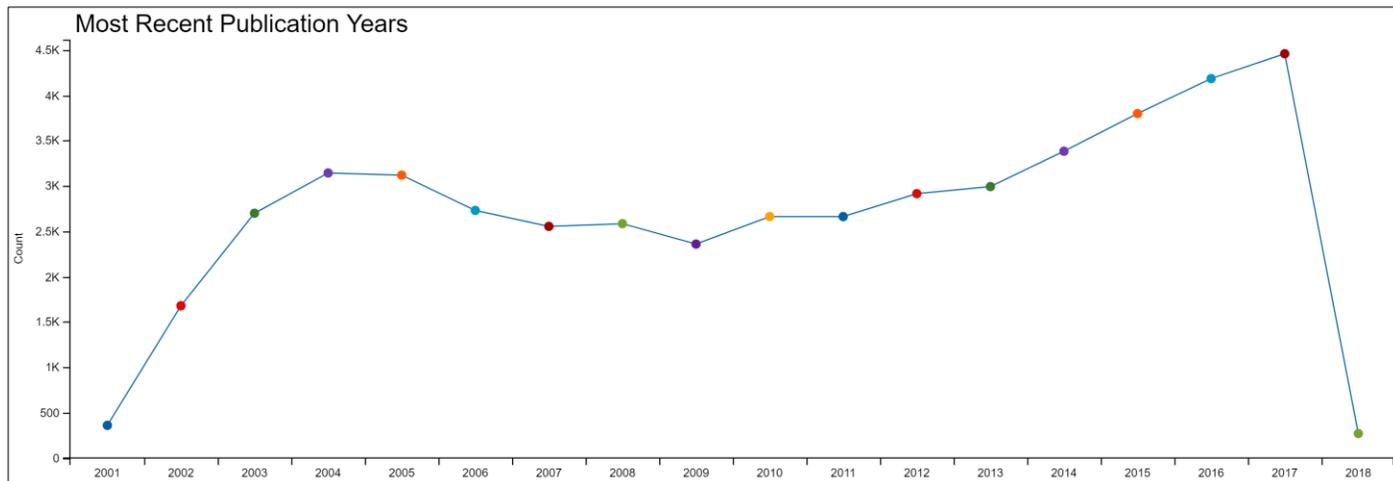


Figura 5-1: Andamento negli anni Pubblicazioni di Brevetti. Fonte: Clarivate

Un’analisi preliminare ci fornisce l’andamento nel tempo di tali pubblicazioni probabilmente un po’ sovrastimate, cresciute vertiginosamente nei primi anni del nuovo millennio, per poi assestarsi e avere una leggera flessione per circa un decennio, per poi riprendere una crescita seppur moderata; questa tendenza potrebbe essere assimilabile ad un rapido avvento tecnologico dei primi anni 2000 che ha portato ad una saturazione della tecnologia in questione, la quale ha subito un assestamento per diversi anni anche per la difficile e delicata situazione economica a livello mondiale, ma che ha ripreso a crescere grazie ad una nuova ondata di innovazione tecnologica da parte di tutti gli innovatori mondiali.

Considerando estremamente difficile la manipolazione di tali dati, ma soprattutto inesatta la circostanza di analisi poiché sono state trattate tutte le tipologie di sistemi di depurazione allontanandosi da quello che è l’oggetto di tesi, si è deciso di restringere il campo di ricerca ponendo l’attenzione solo sull’ambito di interesse: i sistemi di depurazione e trattamento delle acque. Questo ulteriore passo è stato possibile grazie all’utilizzo di query specifiche con l’inclusione nel campo di ricerca di parole specifiche quali “water treatment” che hanno sensibilmente il campo di ricerca; non solo, si è deciso di restringere ulteriormente l’ambito di analisi ponendo un focus anche sulle aree geografiche di applicazione di tali brevetti, ovvero USA ed Europa, andando a selezionare solo i documenti relativi alle tecnologie che presentassero nell’ ID le denominazioni riguardanti America ed Europa. Tale ricerca ha ristretto la mole di dati a 8744 brevetti, presentando un andamento nel tempo estremamente simile a quello effettuato precedentemente.

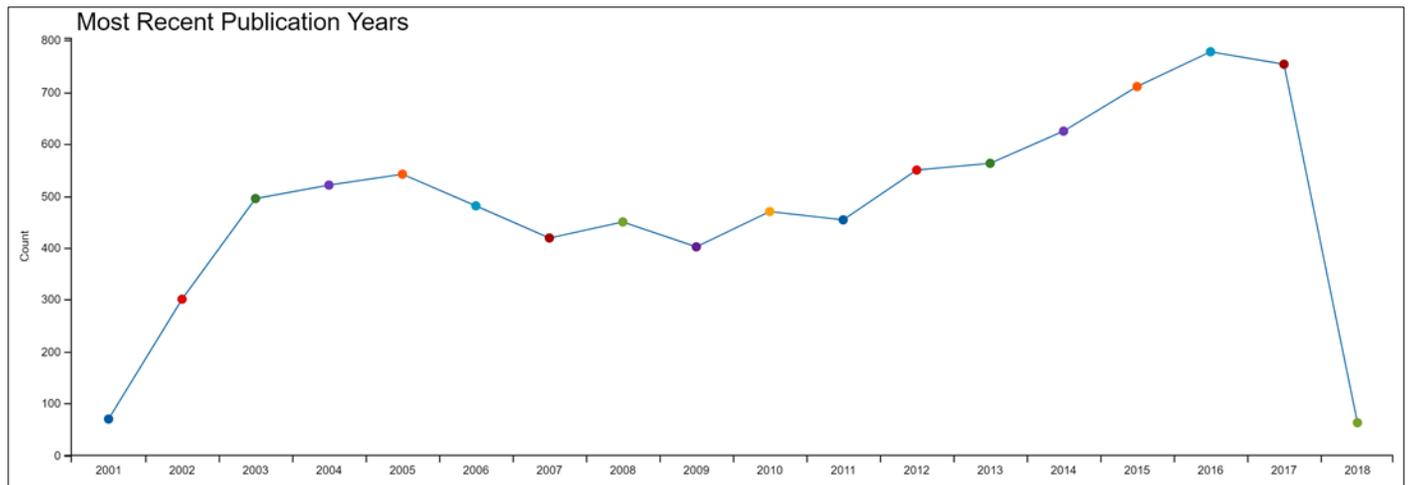


Figura 5-2: Andamento negli anni Pubblicazioni di Brevetti. Fonte: Clarivate

Non notando sostanziali differenze dall'andamento del primo grafico, si sono tratte le stesse conclusioni per quanto riguarda il trend antecedente: rapido aumento dell'avvento tecnologico, periodico stallo nel periodo centrale, ripresa di innovazione tecnologica con conseguente aumento di pubblicazioni.

5.2 Segmentazione di Mercato

Effettuata dunque una prima analisi dei dati brevettuali per quanto riguarda i trend nel tempo, si è passati all'analisi delle aziende coinvolte in questa ricerca; ciò che ne risulta è un istogramma ordinato in modo crescente di aziende che sviluppano e producono componenti degli impianti di depurazione di acque e che quindi sono titolari dei relativi brevetti.

Si noti che per circa 1/8 della totalità dei brevetti, circa 1100, non è stato possibile risalire ad un Assignee specifico, pertanto, questi brevetti non sono stati considerati nell'oggetto di studio. Per ciò che concerne le aziende, identifichiamo dei colossi quali General Electric, Mitsubishi e Veolia e aziende magari meno note in quanto a fama e prestigio più in generale, ma assolute protagoniste in questo studio: Kurita Water, leader mondiale nella progettazione e realizzazione di impianti di depurazione, possiede da sola 118 brevetti riguardanti solo le tecnologie di trattamento delle acque.

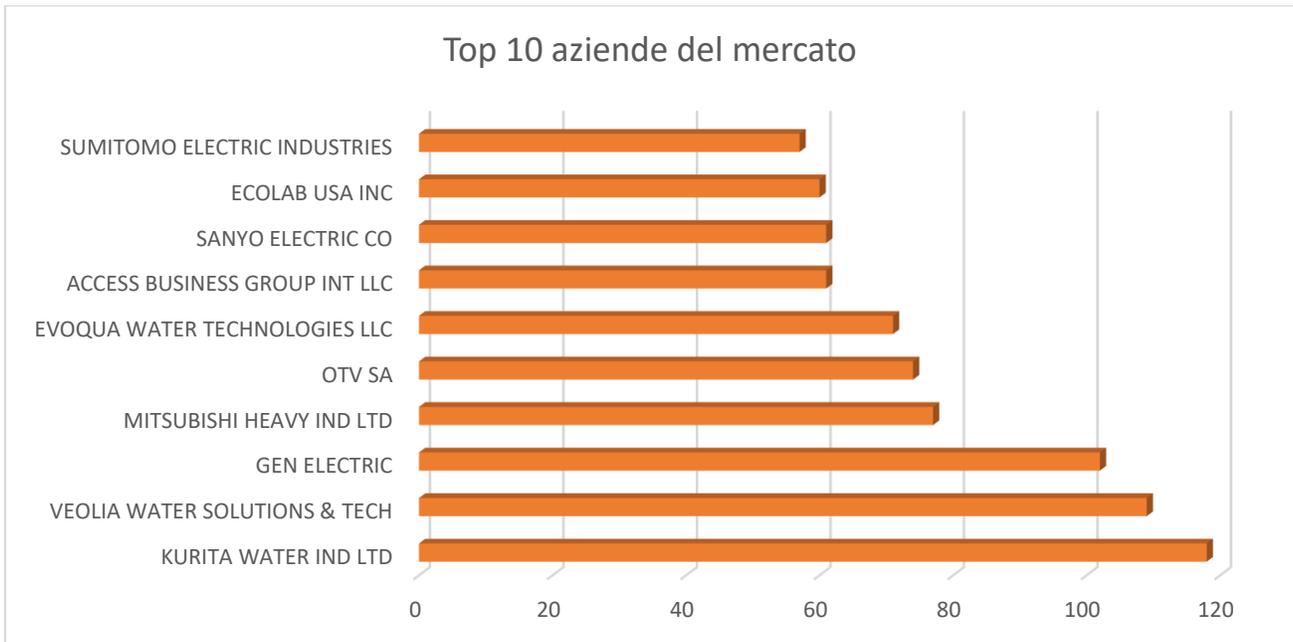


Figura 5-3: Principali aziende del settore.

6 Elaborazione dei risultati

6.1 Trend e analisi

Inizialmente si è posta in seguito l'attenzione sul trend relativo alla data di applicazione dei brevetti sopracitati: infatti i criteri di ricerca sono i medesimi di prima, semplicemente si è presa in considerazione non tanto la data di pubblicazione del brevetto, bensì la sua applicazione pratica.

Quello che si evince è che il trend è sostanzialmente differente per quanto riguarda gli ultimi anni dal 2013 in avanti, in quanto il numero delle application di brevetti risulta essere abbondantemente sottostimato: questo perché le due date temporali (application e publication) sono evidentemente diverse.

Anche per i primi anni del 2000 si nota che il numero di brevetti effettivamente utilizzati è molto diverso da quello da quelli pubblicati, questo per lo stesso motivo sopra detto: date di pubblicazione e applicazione non coincidenti, quindi in questa analisi sono compresi anche tutti quei brevetti pubblicati prima del nuovo millennio.

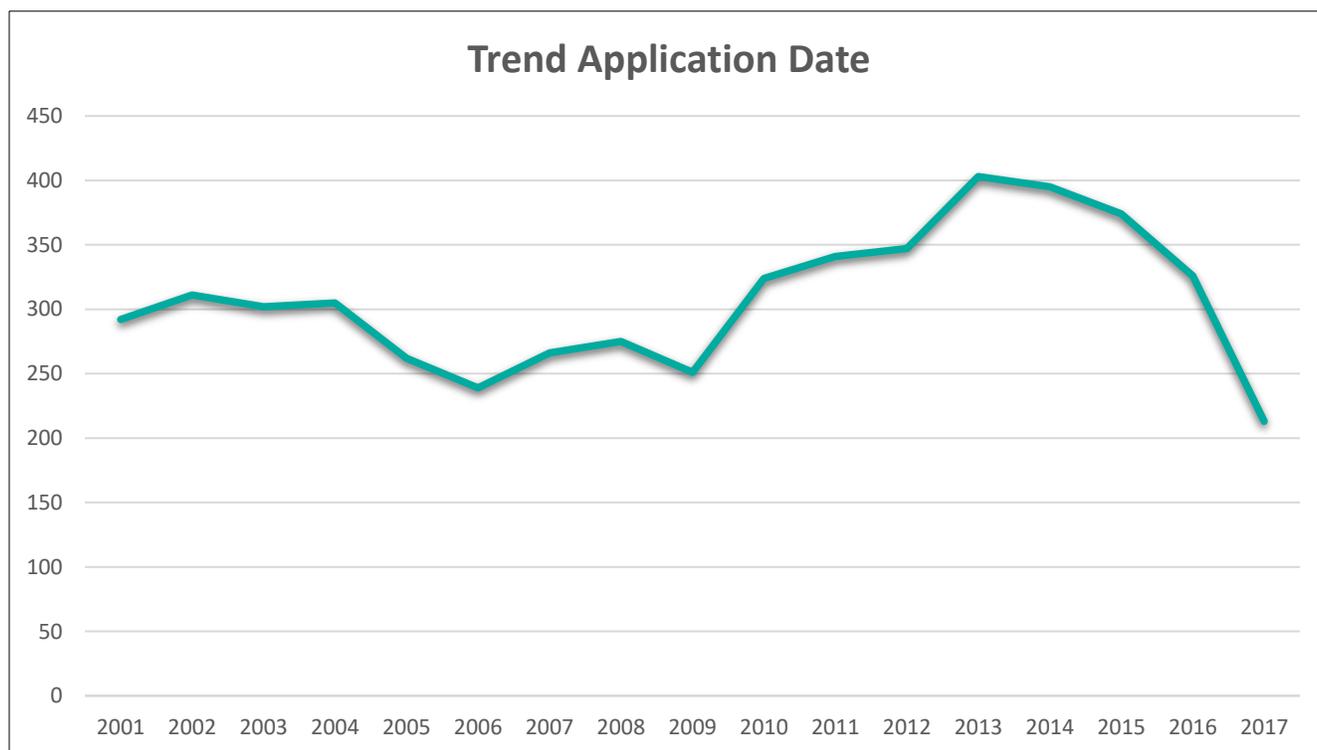


Figura 6-1: Andamento negli anni application di Brevetti

Volgendo l'attenzione alle imprese operanti in questo settore si è ristretto il campo di ricerca da più di 700 aziende iniziali alle prime 20 di questa classificazione: ciò perché queste ultime da sole, coprono più del 13% di tutto questo mercato avendo applicato 1069 brevetti in totale. Tra i nomi spiccano i colossi mondiali quali General Electric, Mitsubishi e Toshiba: essendo aziende operanti quasi in tutti i settori industriali, tutte e tre comprendono una divisione industriale dedicata allo sviluppo di tecnologie riguardanti il trattamento delle acque. Queste Corporation però, non sono però i principali attori di questa ricerca, infatti si può notare che il leader mondiale in questo campo è la Kurita Water, azienda giapponese che fin dai primi anni '50 è specializzata nel trattamento delle acque e che ad oggi investe ogni anno più di 5 miliardi di Yen, circa 39 milioni di dollari, in ricerca e sviluppo specificatamente a queste tecnologie.

Di rilevante importanza la presenza di OTV e Veolia, anche loro aziende specializzate nella realizzazione di impianti industriali per il trattamento delle acque, ma anche detentori di un numero considerevole di brevetti, tant'è vero che in una classificazione per application di patent successivamente pubblicati nei primi quattro posti troviamo proprio queste ultime tre aziende.

Segue una tabella che spiega numericamente la condizione del mercato dei brevetti e il conseguente istogramma rappresentativo.

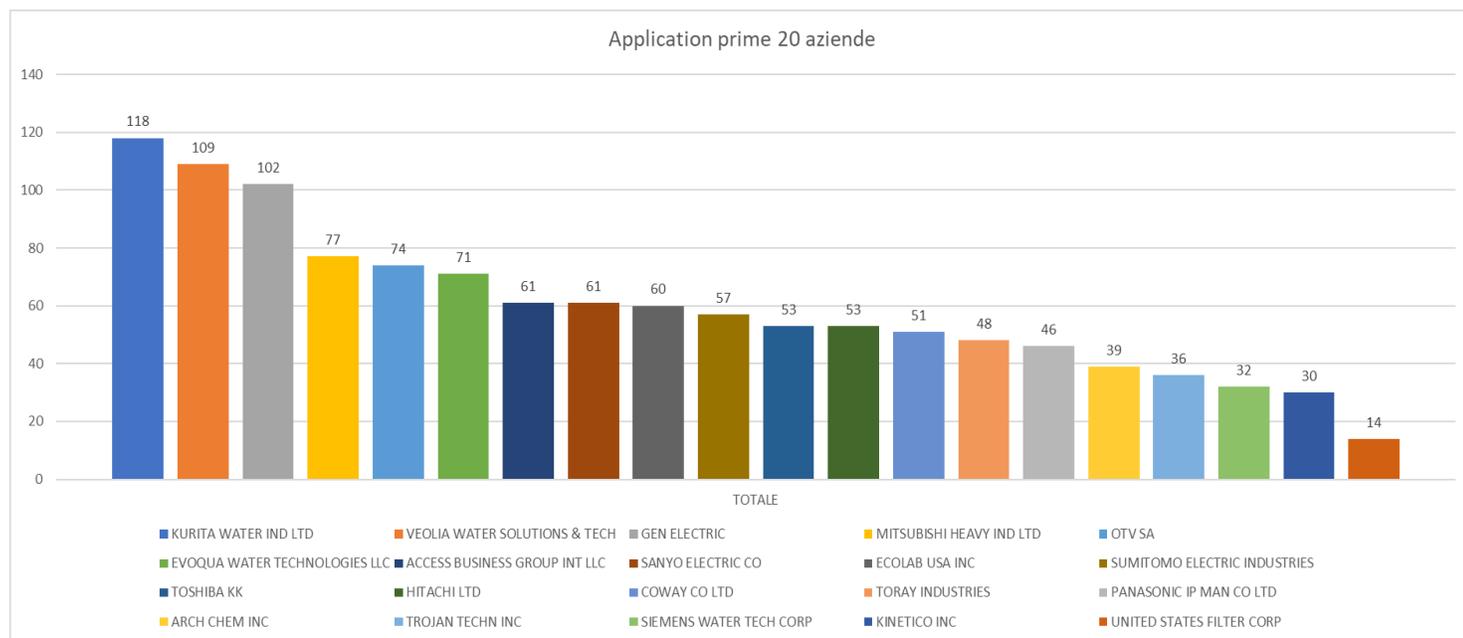


Figura 6-2: Numerosità brevetti principali 20 aziende del settore



Nonostante queste 20 aziende posseggano in totale 1192 brevetti, coprono solo una ristretta parte del mercato USA ed Europeo, ovvero, appena il 13%. Dall'immagine 6.3 si può apprezzare tale fenomeno.

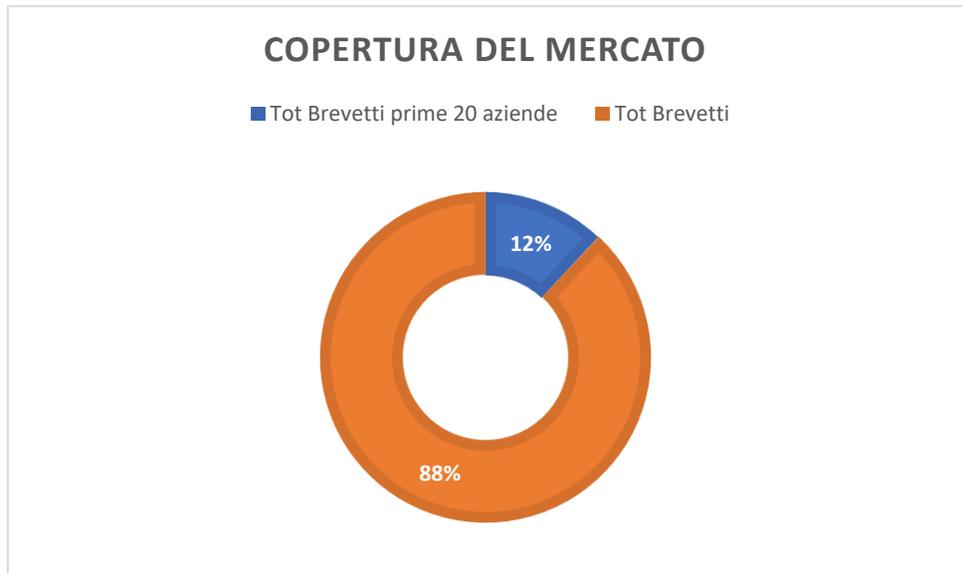


Figura 6-3: Copertura del mercato principali 20 aziende del settore

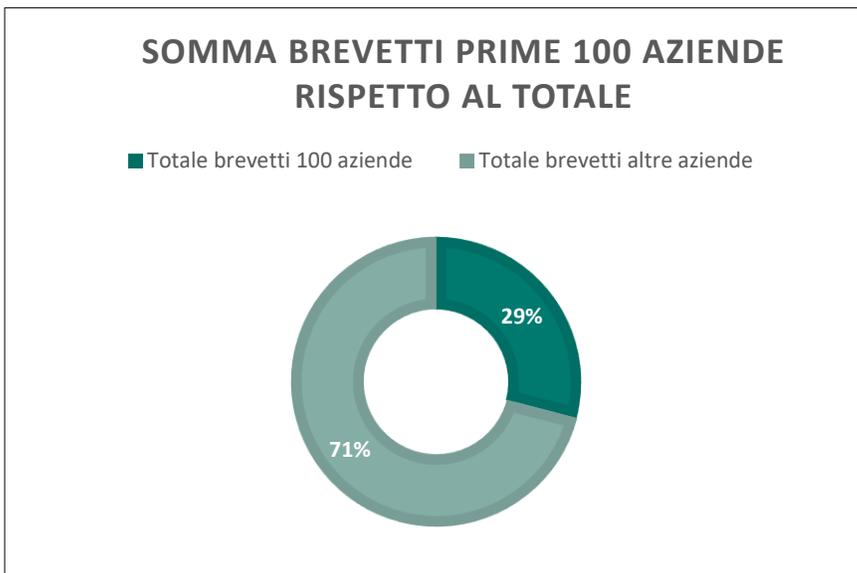


Figura 6-4: Somma brevetti prime 100 aziende rispetto al totale

Quello che risalta immediatamente è che la somma di tutti i brevetti dei primi 100 detentori di patent al mondo, non copre nemmeno il 30% di tutti i brevetti esistenti; questo per una serie di motivi: innanzitutto la non classificazione di un Applicant per quello che concerne almeno 1000 brevetti, di conseguenza non riuscendo ad attribuire ad un'azienda specifica un determinato brevetto, è possibile che questa stima, anche se in piccola parte, sia destinata a cambiare; in

secondo luogo per la numerosità delle aziende presenti in questo mercato: oltre 700 aziende

infatti concorrono nella pubblicazione dei brevetti in ambito water treatment e, in questa specifica ricerca, ne sono state considerate solo 100.

Eseguita una prima analisi delle principali aziende del settore, è stato fatto un focus sui sei maggiori attori operanti nel mercato Europeo: come da previsione, le aziende sono le medesime rispetto a prima, ma ciò che risalta è il numero di brevetti utilizzati in questa regione; infatti, circa la metà dei brevetti pubblicata da tali imprese, ha trovato

un'applicazione pratica solo in Europa. Valutando la grandezza del continente, piuttosto ridotta rispetto agli altri, è un numero più che considerevole.

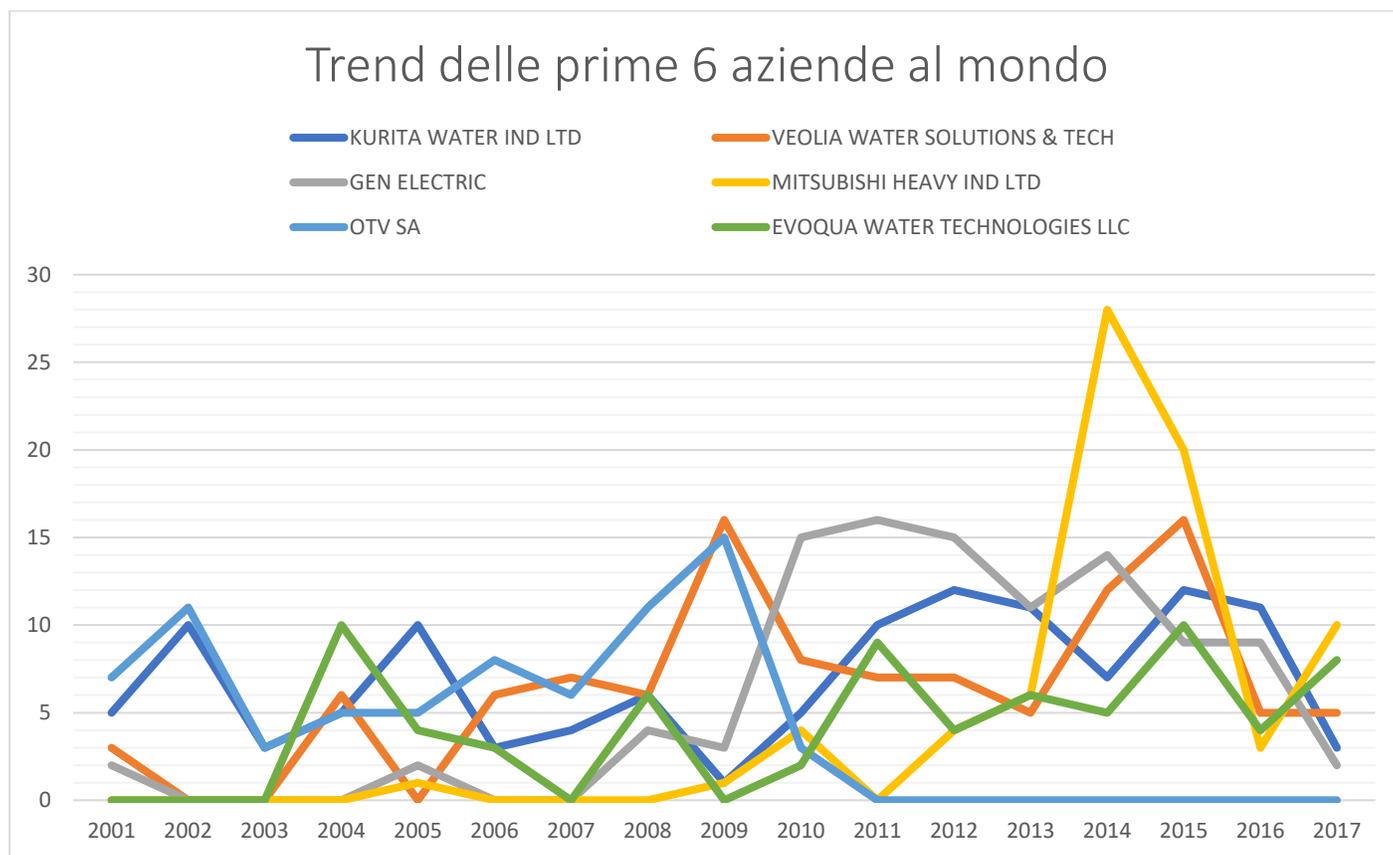


Figura 6-5: Andamento nel tempo prime 6 aziende

Spostando l'attenzione sul trend che queste aziende hanno avuto nel tempo, si possono fare molteplici considerazioni; inizialmente, possiamo notare come OTV SA fosse leader nello sviluppo di queste tecnologie fino a raggiungere la pubblicazione di quasi 30 brevetti in due anni, per poi drasticamente scemare fino a scomparire da questo mercato dopo il 2012 in quanto acquistata dal gruppo Veolia; trend esattamente opposto per quello che concerne altre due aziende: Mitsubishi e Veolia; infatti entrambe nella prima decade degli anni 2000 non facevano nemmeno parte di questa compagine di aziende, ma una volta entrate in questa industry hanno pubblicato la somma di 70 brevetti in sette anni: Veolia ha distribuito la propria ricerca e sviluppo delle tecnologie nel tempo, Mitsubishi invece ha concentrato le proprie pubblicazioni negli ultimi 3 anni e, solo nel 2018 ne ha già eseguite diverse.

Kurita Water e General Electric invece, hanno avuto un andamento simile nel tempo: da sempre protagoniste nella pubblicazione ed applicazione dei brevetti, entrambe hanno incrementato la loro attività nel tempo, solo Kurita ha avuto una leggera flessione nel biennio 2013/14 e per l'anno 2008 notiamo che non sono stati introdotti nuovi



brevetti. Per quanto concerne Evoqua, la pubblicazione dei brevetti è sempre stata relativamente costante nel tempo, non superando mai la pubblicazione di brevetti pari ad un numero superiore a 10.

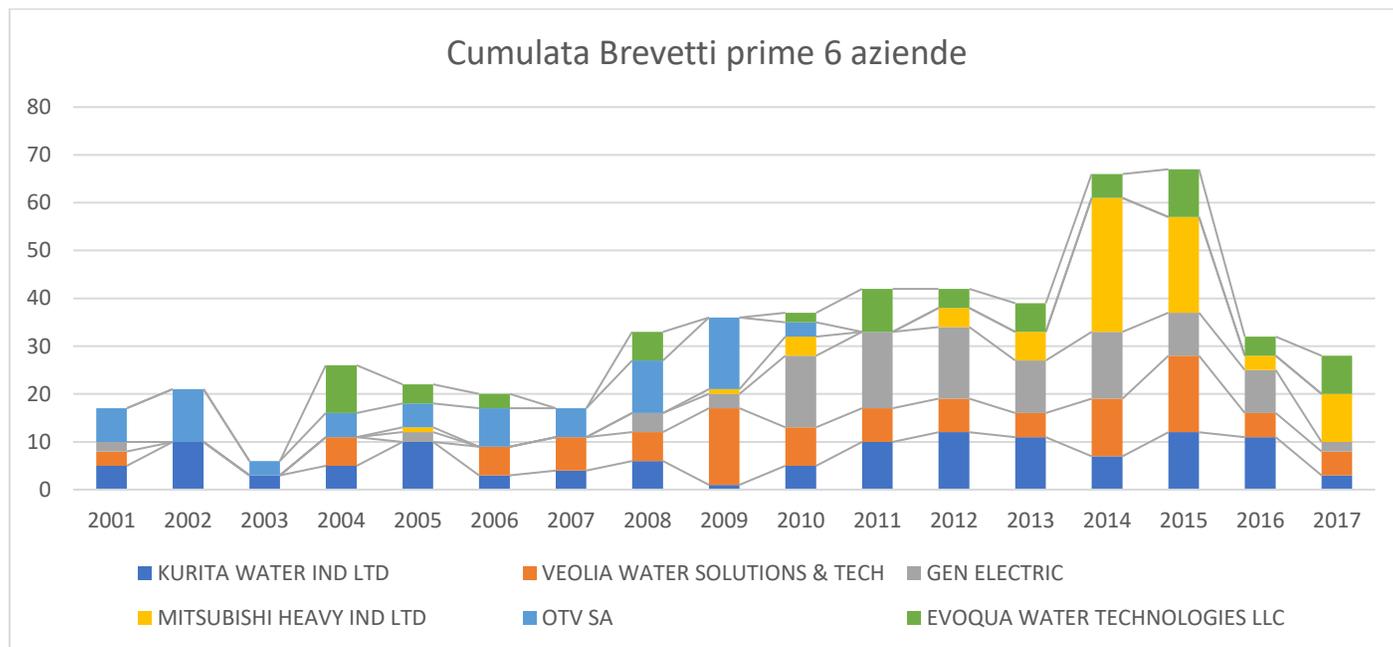


Figura 6-6: Cumulata Brevetti nel tempo prime 6 aziende

Osservando l'andamento del grafico si può mettere in evidenza che il numero di brevetti pubblicati ogni anno è aumentato considerevolmente, se consideriamo gli anni dal 2010 in poi, possiamo notare che il numero di patent è ogni anno più del doppio rispetto alla prima decade, con un picco di quasi 60 brevetti pubblicati tra tutte le aziende considerate tranne OTV, uscita dal mercato diversi anni prima.

Si può anche apprezzare quanto fosse attiva sul mercato OTV prima di essere rilevata da Veolia, mentre le altre aziende non avevano ancora intrapreso questa strada e come il 2010 funga quasi da spartiacque in cui due trend si invertono: OTV scompare e Veolia incrementa la sua attività di ricerca e applicazione di brevetti, General Electric passa da 2 applicazioni a 10 in un solo anno, andamento simile per Kurita che anche raddoppia l'operosità nel campo; leggermente più arretrata Mitsubishi che impiega ancora diversi anni prima di assestarsi ai livelli dei competitors, raggiungendo però a pieno gli standard dettati dalle altre aziende.

Spostando ora l'attenzione sulle tipologie di tecnologie ed in particolare sui codici IPC relativi a tali brevetti (C02F100 - C02F128 - C02F144 - C02F152) è stato studiato il trend nel tempo e le possibili correlazioni tra le pubblicazioni di questi brevetti.



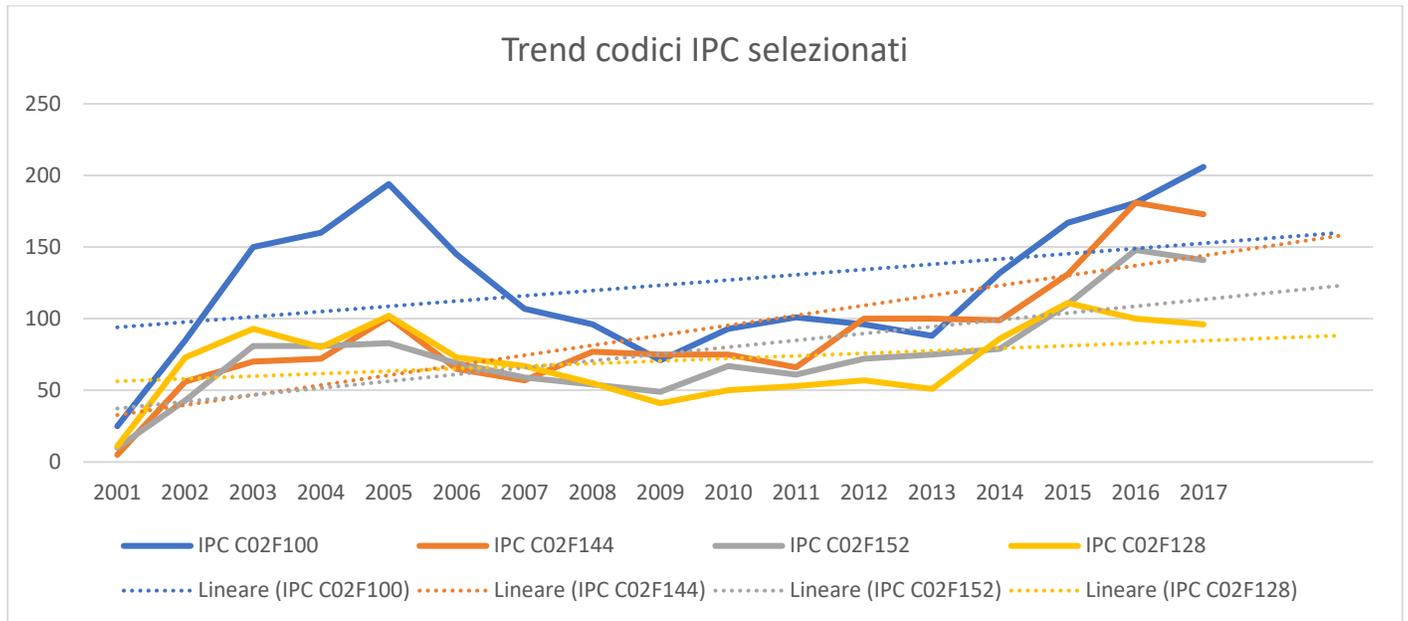


Figura 6-7: Trend codici IPC: C02F100-C02F128-C02F144-C02F152

In primo luogo, possiamo notare come la linea di previsione lineare nel tempo abbia un coefficiente angolare positivo, a sostegno dell'ipotesi che tutte le tecnologie in questione siano in costante sviluppo, seppure con diverse pendenze, ad avvalorare il fatto che qualche tecnologia ha subito un'innovazione in primis ed una successiva implementazione pratica più marcata rispetto a qualcun'altra.

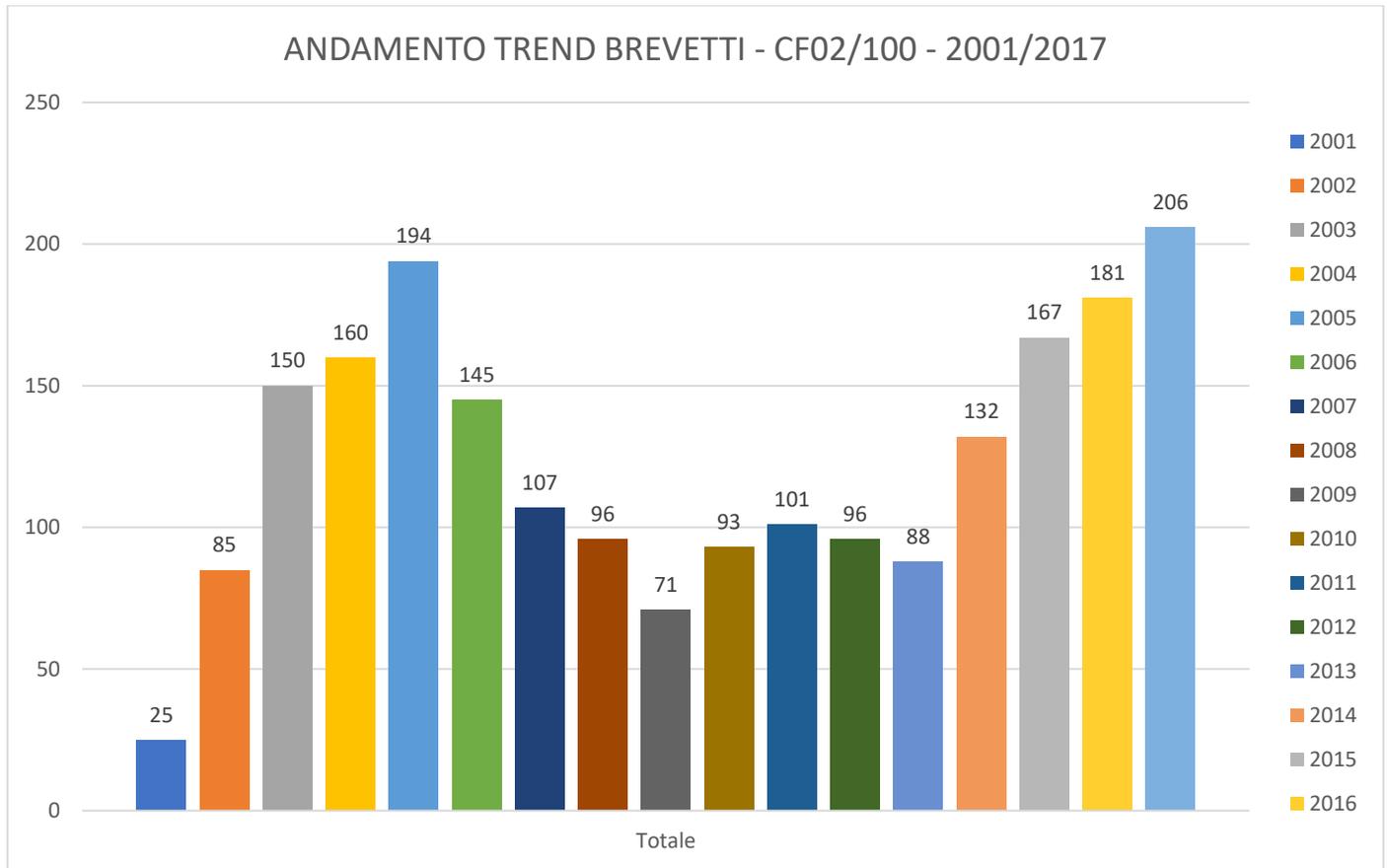


Figura 6-8: Trend pubblicazioni brevetti nel tempo C02F100

Dal grafico, possiamo notare come la pubblicazione dei brevetti più generali circa i sistemi per la depurazione delle acque, abbia avuto nel corso del tempo un andamento altalenante, quasi a sottolineare due cicli di vita delle innovazioni: una prima ondata tecnologica è avvenuta per i primi cinque anni fino al 2005, seguita da uno stallo dello sviluppo delle tecnologie ed una successiva ripresa delle innovazioni che tutt'ora è in atto; sono dunque ben visibili due curve ad "s", le quali descrivono il tasso di miglioramento delle tecnologie in questione suddivisibile in 3 fasi: una prima, iniziale, in cui il miglioramento è lento a causa dei numerosi tentativi per conoscere i principi di base, la seconda, che determina una rapida crescita e l'ultima, in cui vi è una tendenza al raggiungimento asintotico del limite naturale tecnologico.

Anche lo sviluppo delle tecnologie per quanto riguarda i sistemi ad assorbimento può essere assimilato al trend precedente, con due curve ad S meno marcate, ma altrettanto ben visibili.

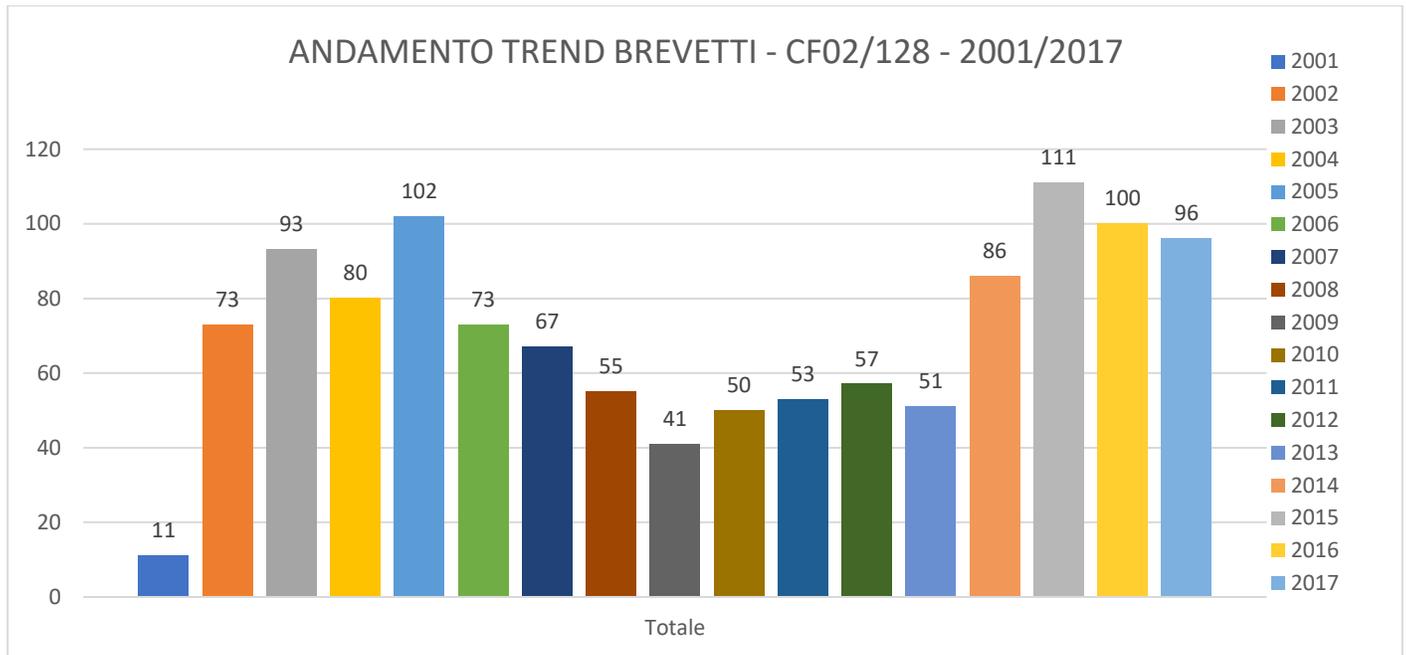


Figura 6-9: Trend pubblicazioni brevetti nel tempo C02F128

Di rilievo è lo sbalzo verificatosi tra i primi due anni, segno evidente che lo sviluppo tecnologico in quei mesi è stato preponderante rispetto a tutti gli altri anni.

Discorsi diversi si possono fare per quanto riguarda le tecnologie a membrana (CF02144) in quanto si può notare come queste siano in continuo sviluppo da circa vent'anni, eccezion fatta per pochi anni di stallo tra il 2006 e il 2010. Nel 2016 ad esempio sono state brevettate il maggior numero di tecnologie per le due tipologie appena viste, ma se consideriamo le 181 tecnologie a membrana, contro le 111 ad assorbimento, notiamo quanto le aziende abbiano spinto verso innovazioni tecnologiche mirate alla depurazione delle acque tramite processi osmotici sia diretti che inversi e di dialisi o elettrodialisi.

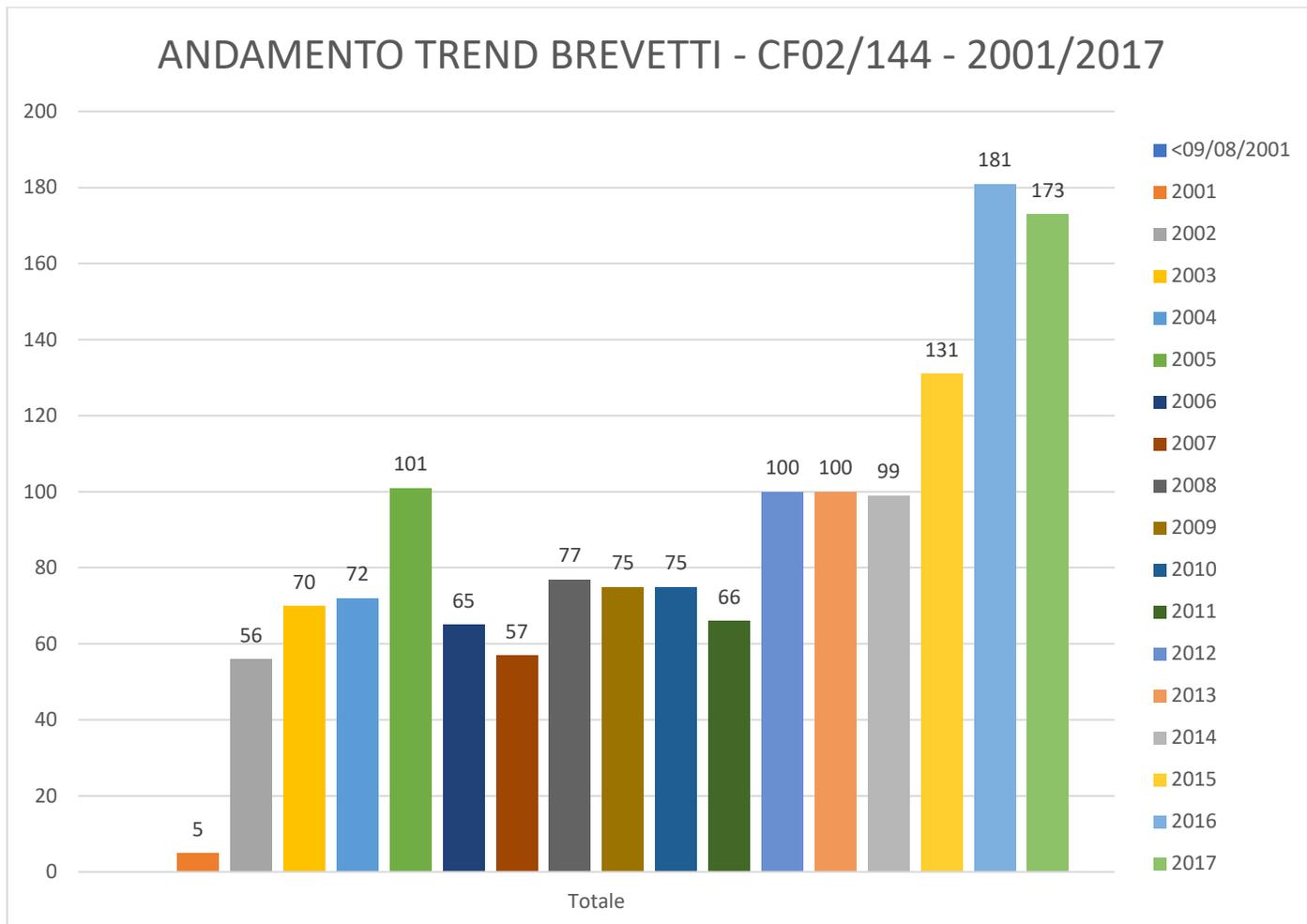


Figura 6-10: Trend pubblicazioni brevetti nel tempo C02F144

Riguardo all'andamento delle tecnologie di flocculazione invece, possiamo notare che il grafico relativo sia simile a quello della tecnologia precedente CF02/144 (grafico 6.1.8), seppure con l'identificazione di almeno due ondate di innovazione: una estremamente rapida, una in continua evoluzione ed espansione. La prima infatti è avvenuta nei primi cinque anni fino al 2005, in cui si nota che il numero totale dei brevetti passa da zero del 2001 a 81 del 2003 e per il successivo biennio resta su tali valori; la seconda invece parte dal 2006 e presumibilmente non è ancora terminata, poiché è vero che l'ultimo anno è decisamente sottostimato, ma fino al 2016 il numero di brevetti pubblicati è stato in continua crescita e decisamente elevato.

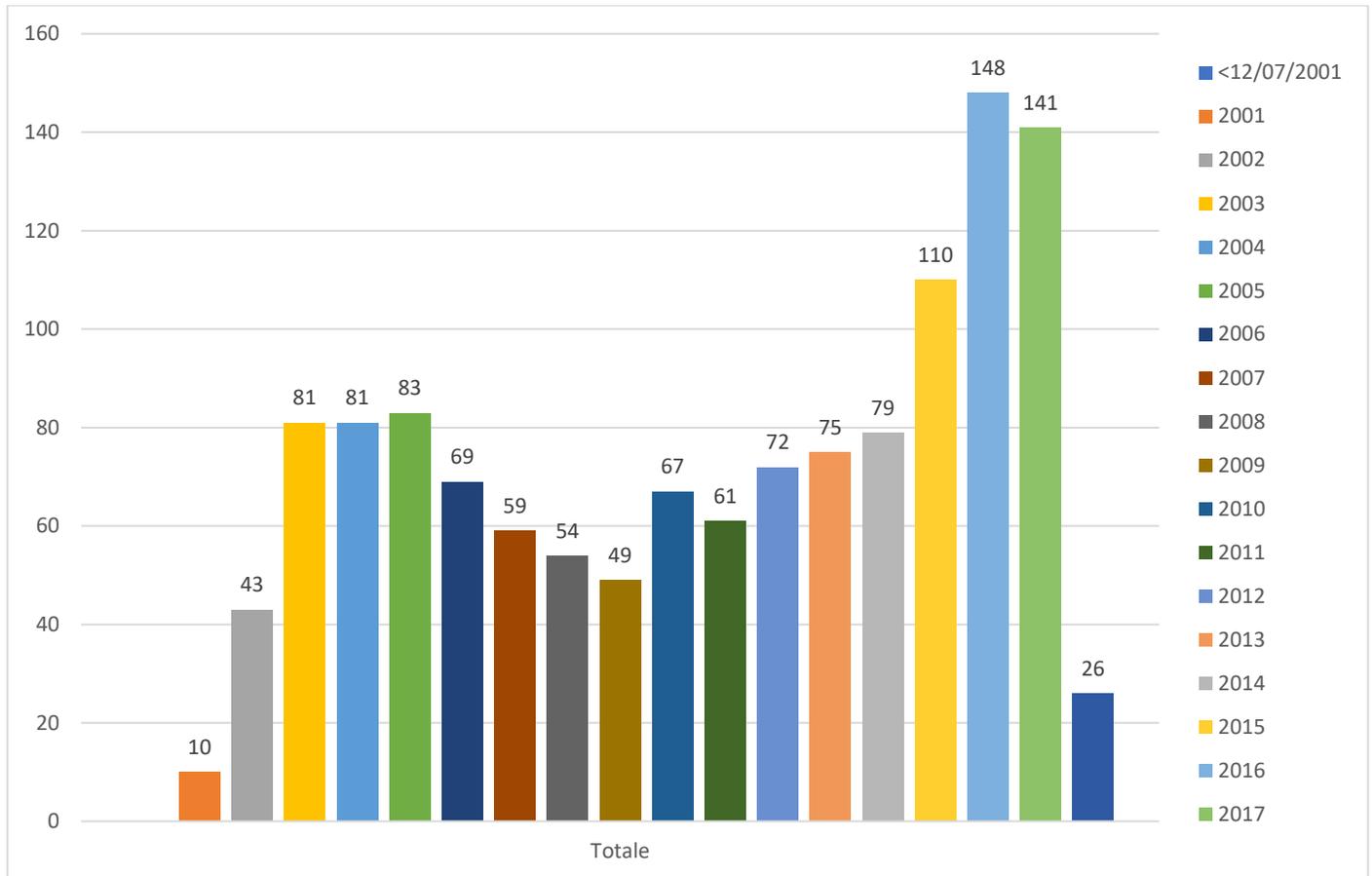


Figura 6-11: Trend pubblicazioni brevetti nel tempo C02F152

Volgendo ora il focus sulle possibili correlazioni tra i vari sviluppi delle tecnologie sopra citate, possiamo effettuare molteplici considerazioni; innanzitutto possiamo notare che lo sviluppo dei tre sistemi di depurazione specifici considerati ha avuto nel tempo grossomodo lo stesso trend crescente salvo una lieve flessione negli anni centrali; in secondo luogo possiamo notare come la tecnologia ad assorbimento a membrana sia stata surclassata nel tempo da entrambe le altre tecnologie e che le innovazioni riguardo l' osmosi siano state preferite a quelle di flocculazione.

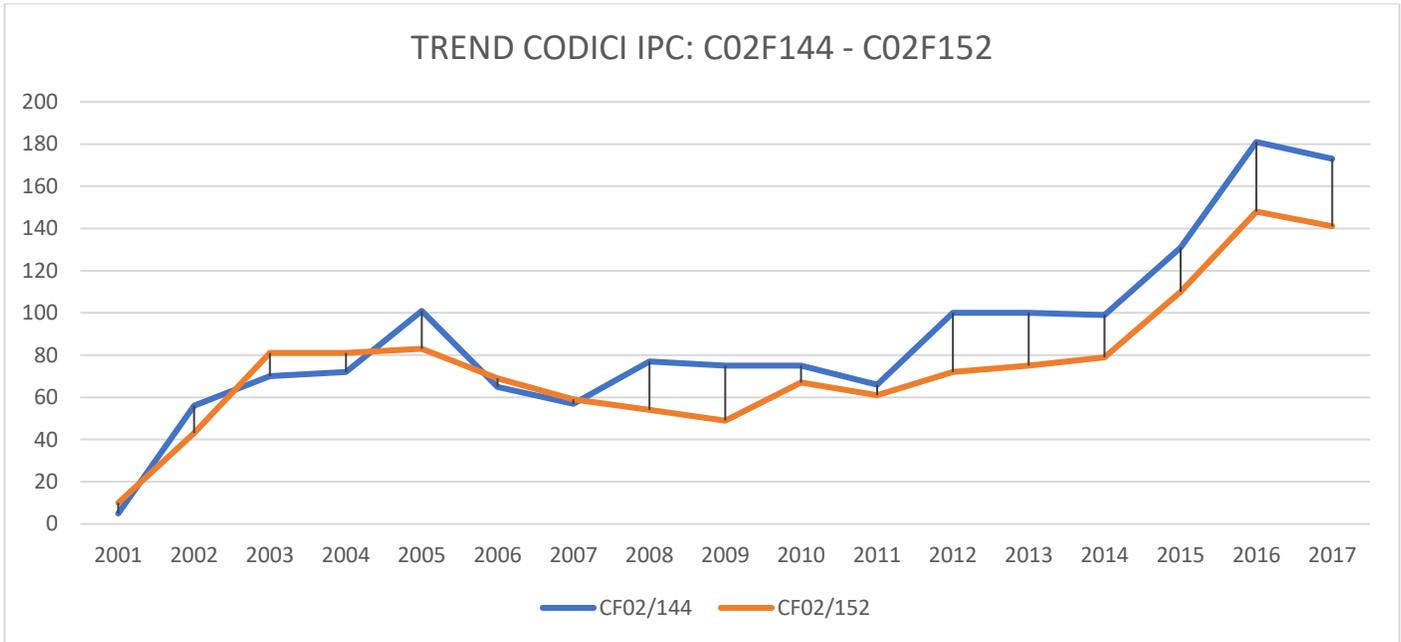


Figura 6-12: Trend pubblicazioni brevetti nel tempo a confronto

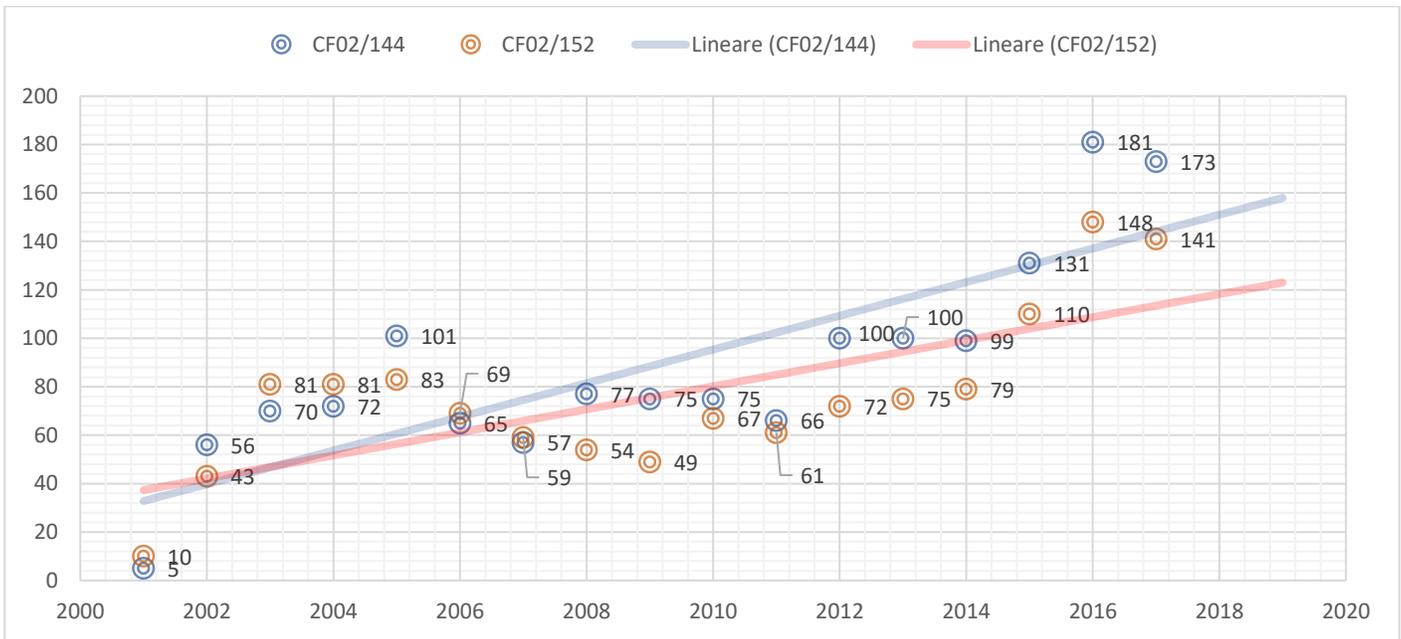


Figura 6-13: Rette di previsione lineare nel tempo a confronto

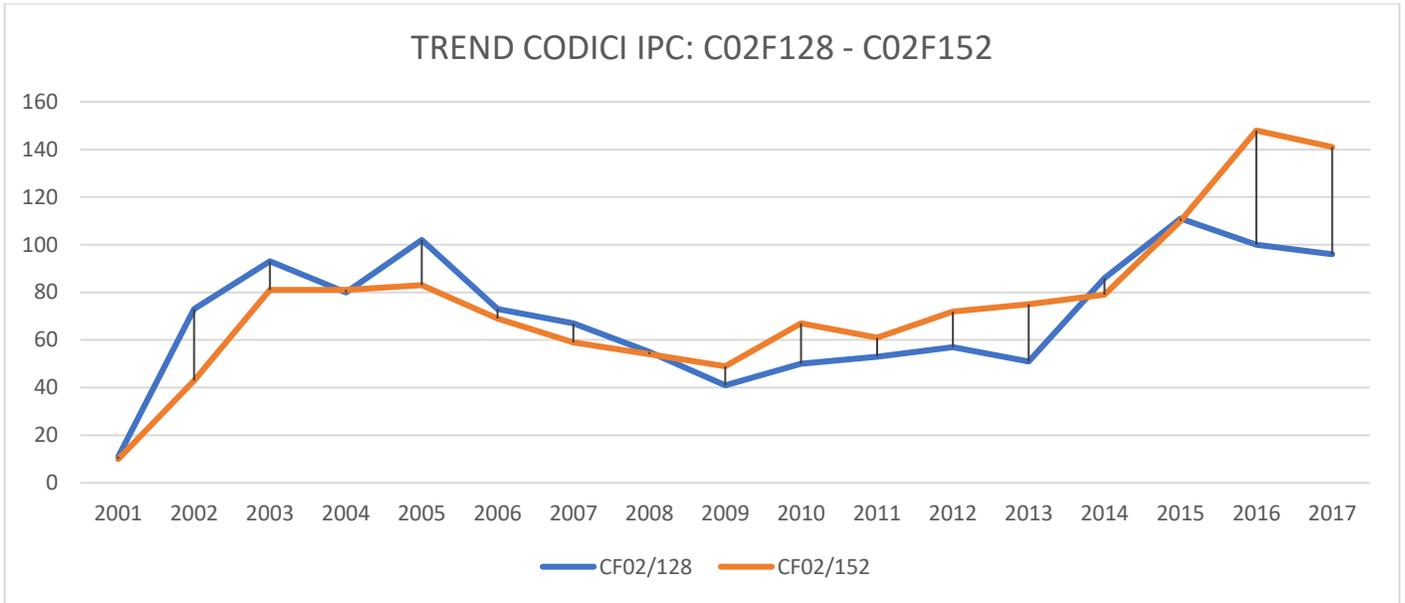


Figura 6-14: Trend pubblicazioni brevetti nel tempo a confronto

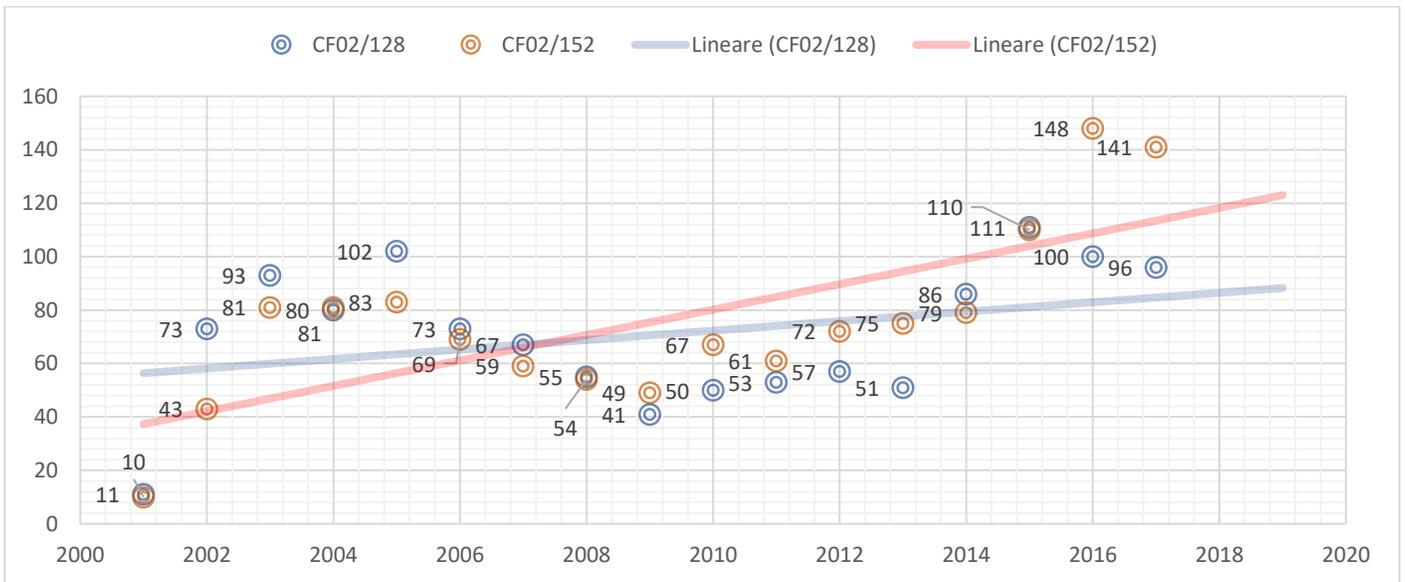


Figura 6-15: Rette di previsione lineare nel tempo a confronto

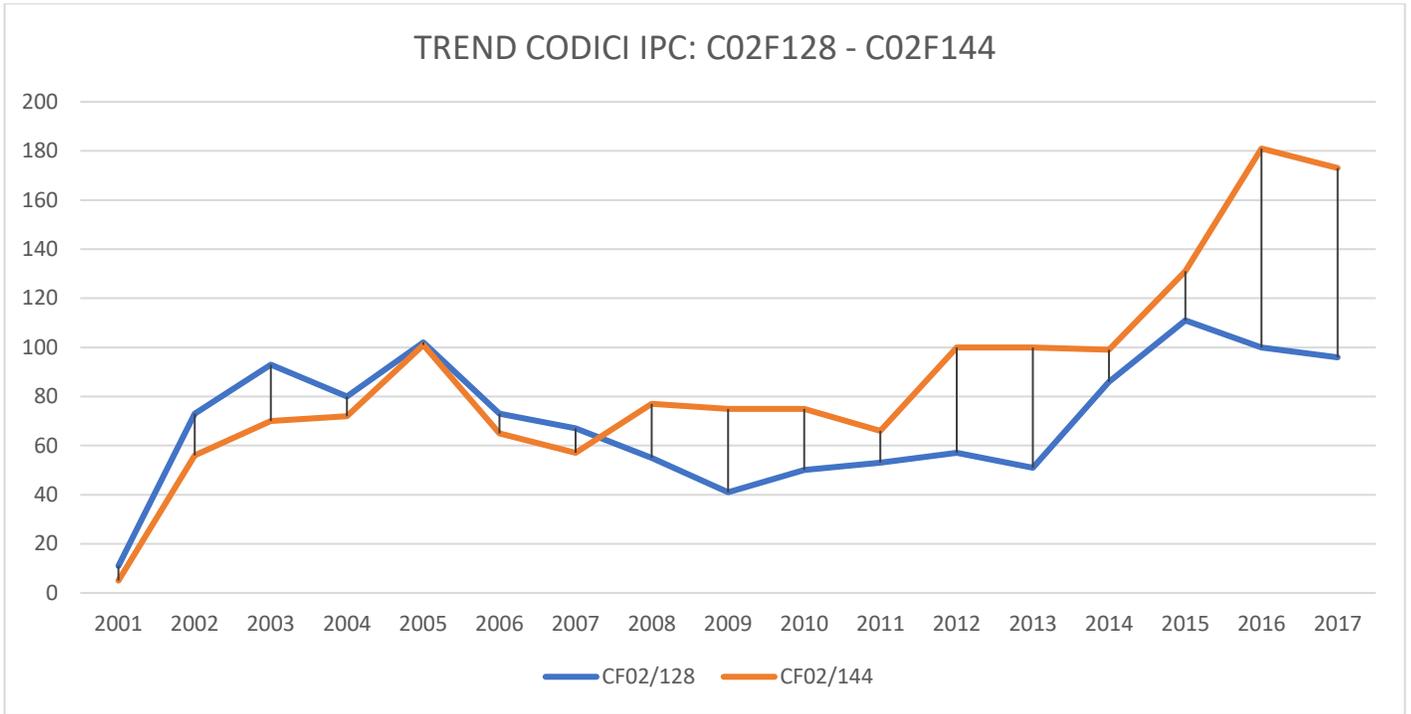


Figura 6-16: Trend pubblicazioni brevetti nel tempo a confronto

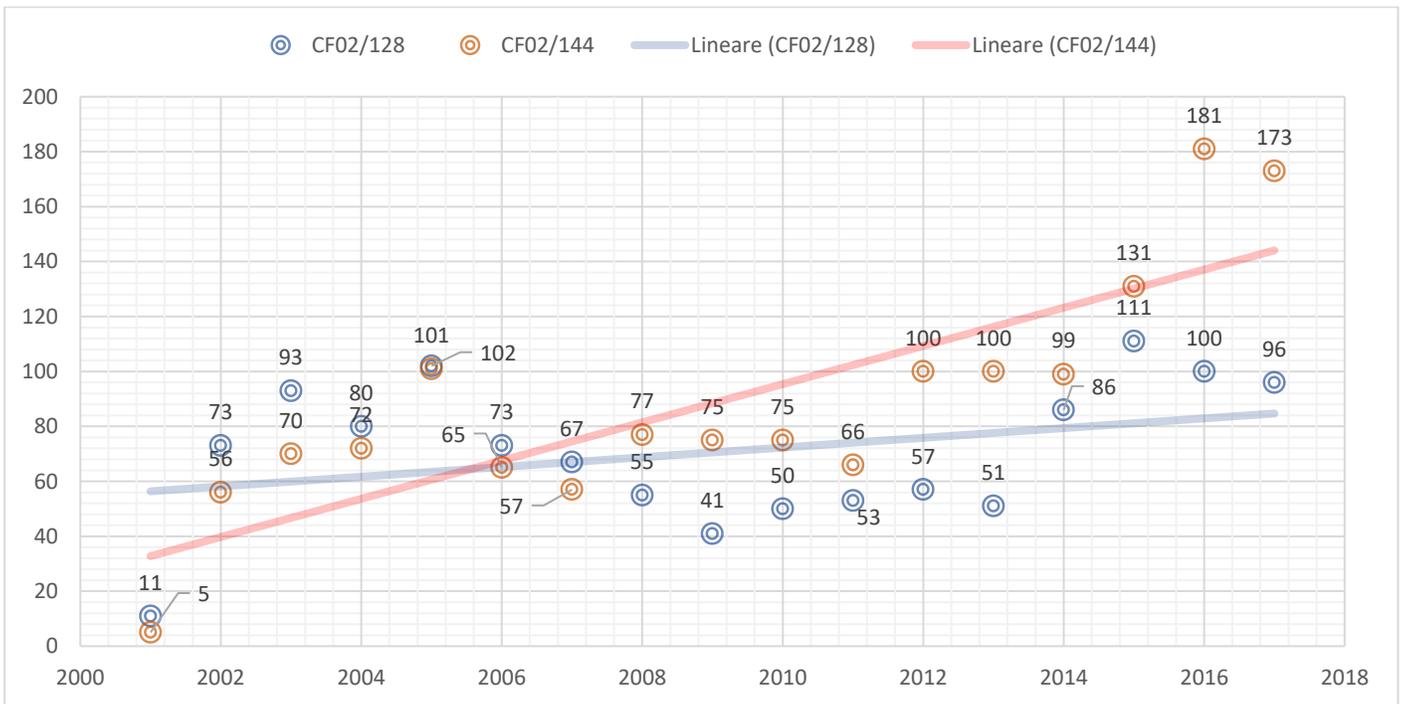


Figura 6-17: Rette di previsione lineare nel tempo a confronto

Osservando l'ultimo grafico si può apprezzare che le due linee di tendenza dello sviluppo di entrambe le tecnologie siano positive, ma una presenta un'inclinazione decisamente marcata (CF02144), l'altra molto meno (CF02128): questo accade perché sia le tecnologie a membrana sia quelle di flocculazione sono state nettamente preferite ai sistemi di adsorbimento a membrana classica; tali sistemi infatti sono quelli che richiedono un maggiore impiego di energia per un corretto funzionamento, nonostante siano molto efficienti in termini di prodotto trattato: per questa ragione, le tecnologie stanno evolvendo verso modelli in cui l'utilizzo energetico per questi particolari sistemi di depurazione sia sempre minore, con una resa ed un'efficacia delle membrane sempre maggiore, ma è evidente che questi processi innovativi siano piuttosto complicati da raggiungere.

Una ulteriore analisi è stata condotta circa la concentrazione del mercato dei brevetti in ambito trattamenti di depurazione delle acque reflue; l'analisi giunge alla conclusione che il mercato non è concentrato, in quanto già solo la condizione che ci siano 20 aziende relativamente importanti che concorrono nella pubblicazione dei brevetti da circa vent'anni, basti per identificare una politica di mercato che agisce in concorrenza perfetta, senza il dominio di pochi attori rispetto restanti aziende. Dal grafico si può notare questa condizione di non concentrazione del mercato e, per garantire una maggiore chiarezza nella visibilità dell'immagine, il mercato totale è stato ridotto ad una popolazione di 50 aziende. L'estensione della conclusione sulla non concentrazione del mercato è ovvia: se il mercato non è concentrato per 50 aziende e 1457 brevetti, non lo sarà certamente se si estende il campo di studi a più di 600 aziende e 8744 brevetti pubblicati, poiché le aziende escluse sono possedenti di un numero estremamente ridotto di brevetti. A sostegno di questa ipotesi vi è l'indice di Herfindhal, che indica la percentuale delle singole quote di mercato rispetto al totale, il quale valore calcolato non è superiore al 4,1%.



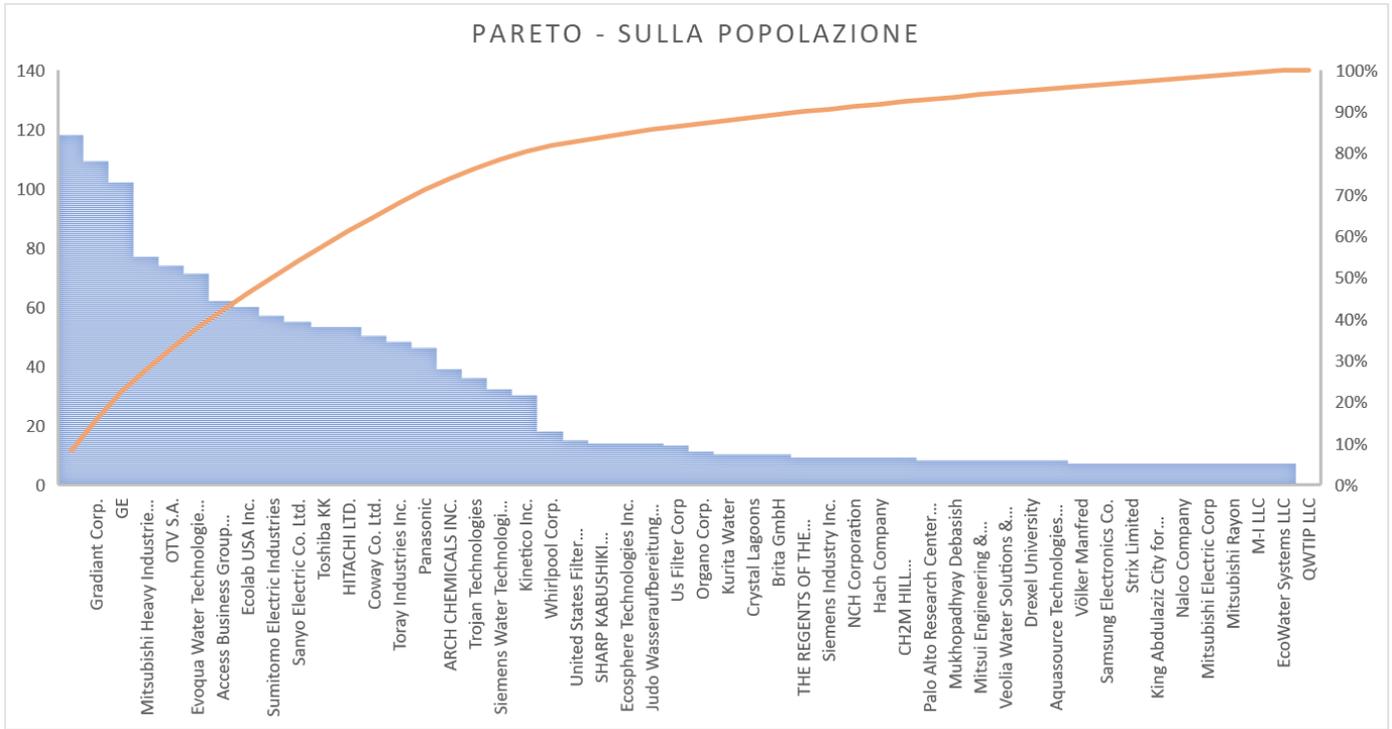


Figura 6-18: Pareto e concentrazione di mercato su popolazione intera

È stata eseguita anche un'analisi circa l'ingresso di nuovi player durante il ventennio considerato: si è diviso l'arco temporale in esame in due porzioni, dal 2001 al 2009 e dal 2009 al 2018 escluso, e si è notato che, oltre alla conferma che non vi è concentrazione del mercato in entrambi gli intervalli di tempo, gli attori presenti in questo mercato sono notevolmente cambiati nel corso degli anni.

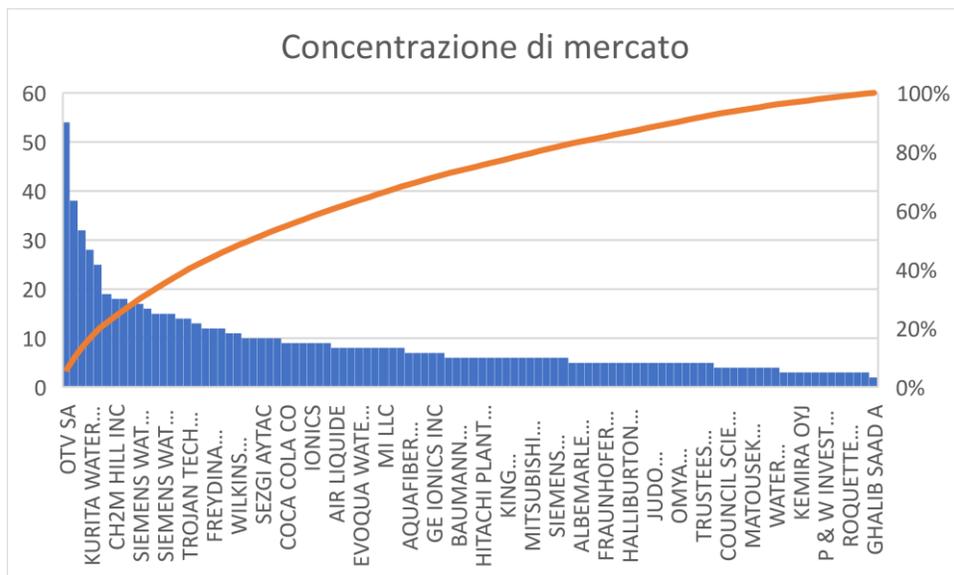


Figura 6-19: Grafico di Pareto che mostra la concentrazione del mercato in questione

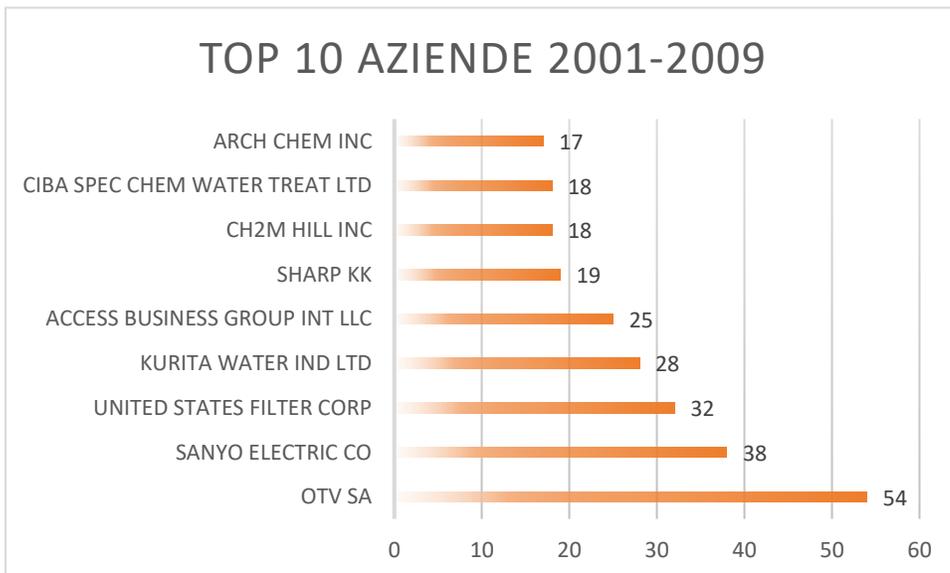


Figura 6-20: Principali 10 aziende del settore 2001-2009

Si può apprezzare dai grafici, innanzitutto che il mercato nei primi otto anni di questo studio non è mai stato concentrato, con un indice di Herfindahl pari all' 1,73%. Non solo, bensì si può vedere che le uniche aziende presenti in questa classifica, che rappresenta la pubblicazione dei brevetti da parte delle principali dieci aziende dell'epoca, che ritroviamo anche nel grafico 6.1.2, sono Access Business Group, Kurita Water e

OTV SA, sintomo del cambiamento delle innovazioni tecnologiche e delle aziende che le hanno ideate.

Anche per quanto concerne il secondo arco di tempo possiamo sostenere le stesse ipotesi appena fatte, ovvero: concentrazione di mercato pressoché nulla, in quanto l'indice di Herfindahl in questo caso è pari all'1,18%, e aziende attive in questa porzione di mercato decisamente diverse dalle precedenti, tra tutte spiccano General Electric, Mitsubishi e Veolia, le quali nella classifica precedente non comparivano neppure, mentre in questa troviamo GE al primo posto con 77 brevetti, il gruppo Mitsubishi al terzo con 54 mentre Veolia al quarto con 53 brevetti pubblicati.

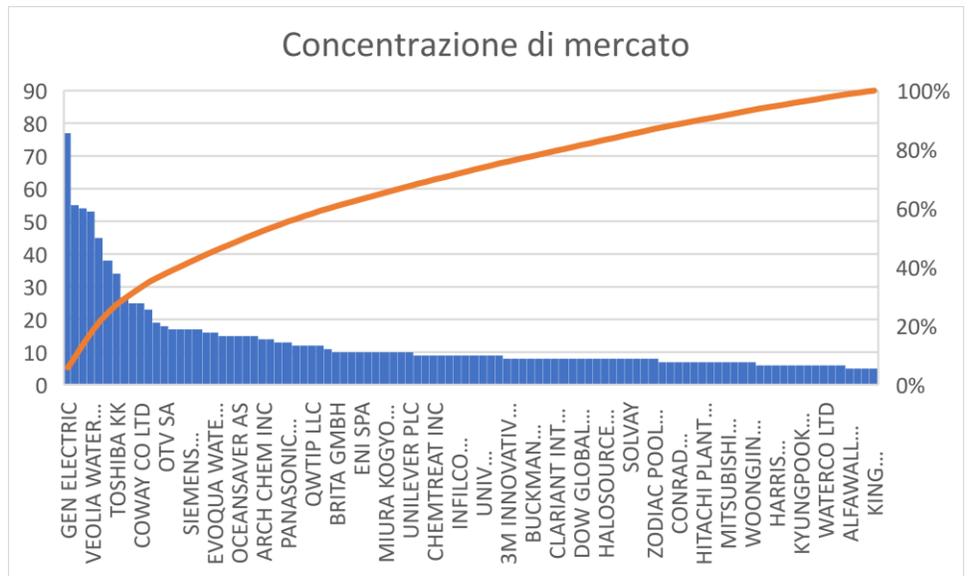


Figura 6-21: Grafico di Pareto che mostra la concentrazione del mercato in questione

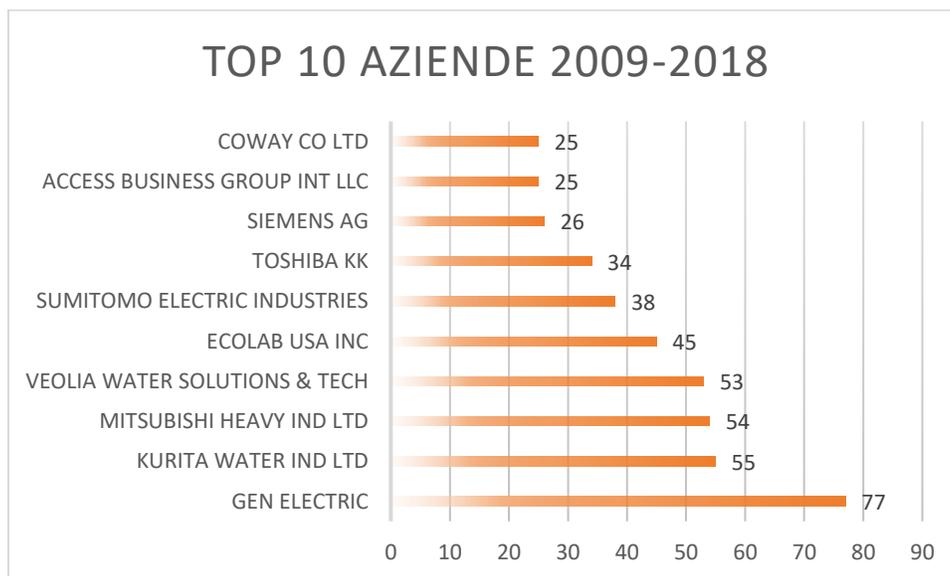


Figura 6-22: Principali 10 aziende del settore 2001-2009

Un'analisi successiva è stata condotta circa la copertura territoriale delle varie pubblicazioni e ciò che si evince dalla mappa 6-23, generata attraverso un'applicazione in cui sono stati immessi i dati relativi al campo di studio, è in linea con quelle che sono le principali aziende di questo mercato: negli USA si possono contare 1810 brevetti e GE ricopre il 7% di questo mercato, segue il Giappone con 499 brevetti, di cui Kurita ne occupa da sola circa il 24%, segue l'

Europa in cui la distribuzione dei brevetti è piuttosto uniforme in tutti gli stati (figura 6-24). Avendo stilato una classifica dei 10 Paesi con più di 10 brevetti pubblicati, in Italia si contano 67 brevetti, diversi attribuibili all' ENEA: l'Ente Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico.

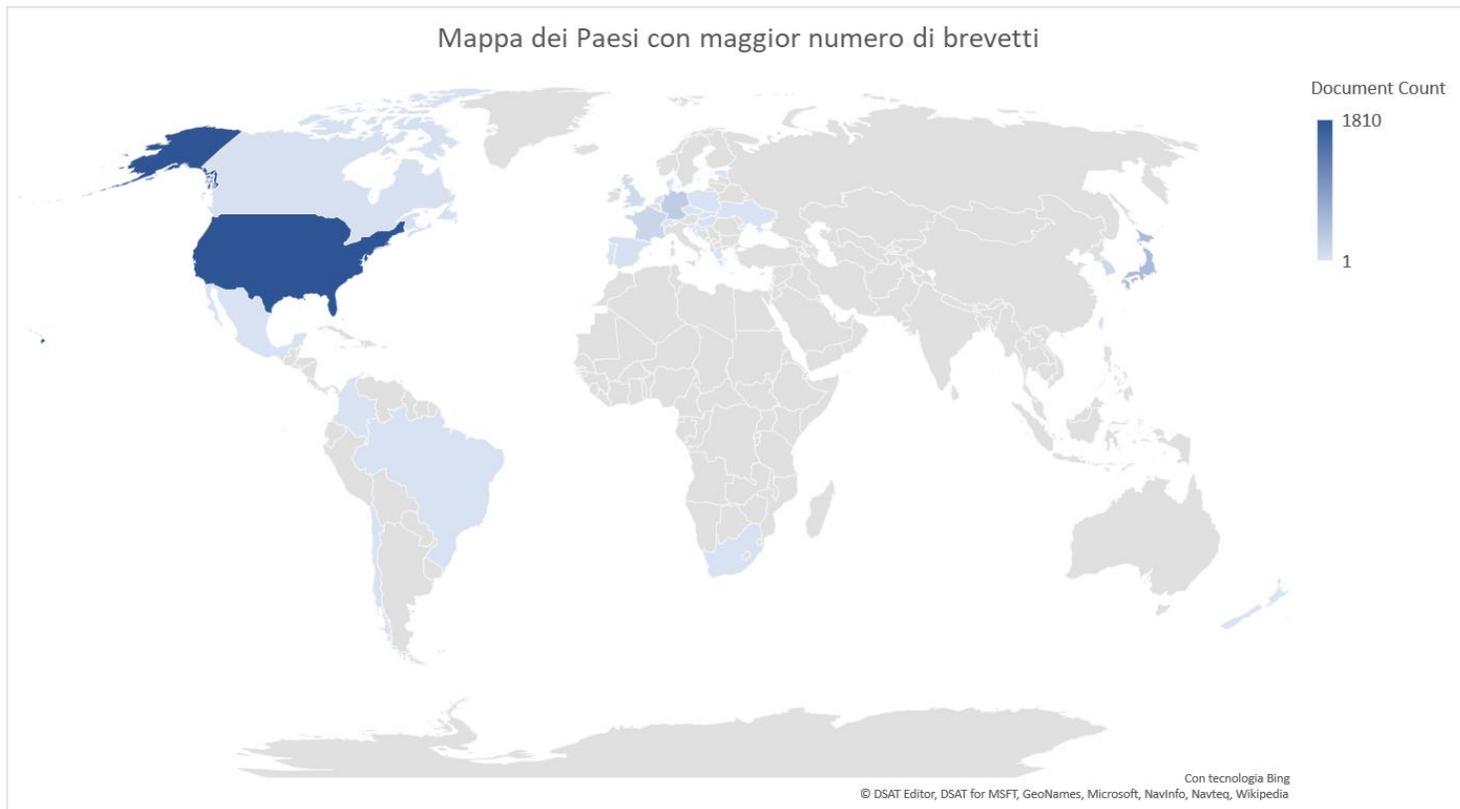


Figura 6-23: Mappa copertura territoriale brevetti

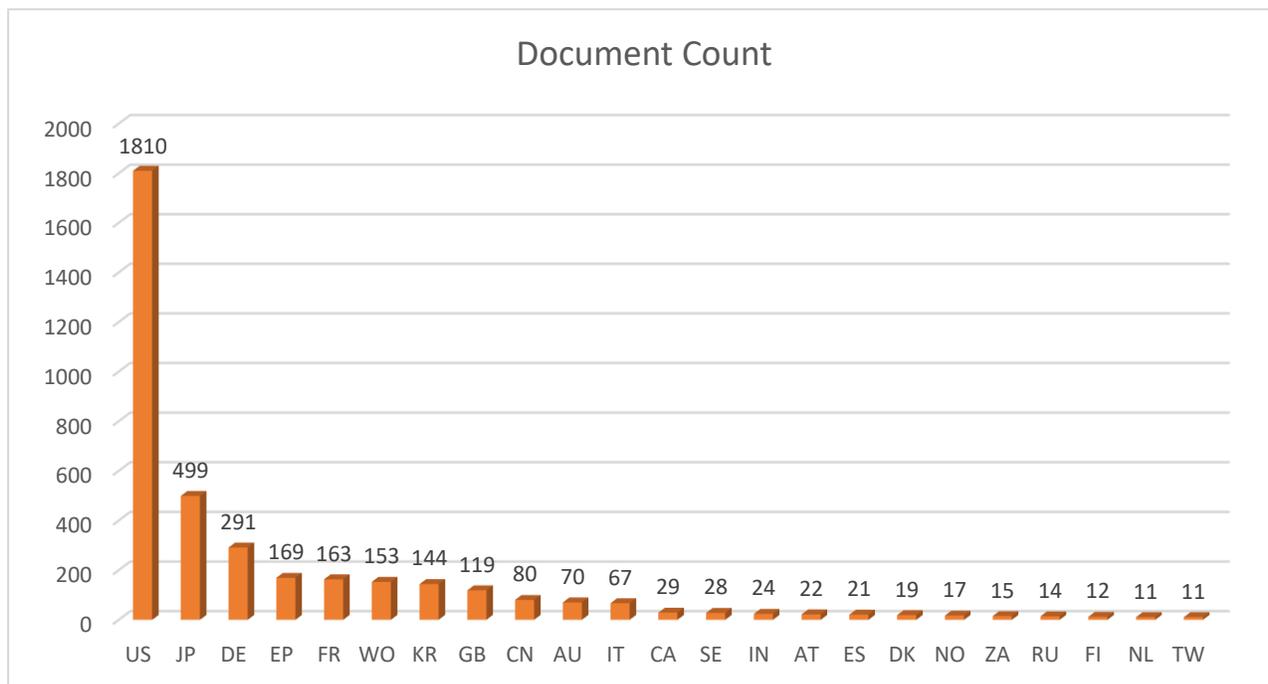


Figura 6-24: Istogramma copertura territoriale brevetti

6.2 Università

Estendendo il campo di ricerca alle prime 100 aziende operanti in questo mercato, si è potuto notare la presenza anche di prestigiose università detentrici di qualche decina di brevetti; in particolare abbiamo: l'Università Cinese di Nanjing che guida questa classifica interna con 22 brevetti di proprietà, seguita dall'Università della California con 19 brevetti e per ultima l'Università di Drexel con 12 patent pubblicati e attualmente in applicazione. Dalla tabella si evince che fatto salvo per le prime aziende già nominate, tutte le altre posseggono brevetti in quantità molto simili.

Tabella 6-1: Numerosità brevetti delle Università operanti nel settore

Assignee/Applicant	Document Count	Percentage
Nanjing University	22	0.36%
University of California	19	0.23%
Drexel University	12	0.18

Iniziando a considerare l'Università di Nanjing più nel dettaglio, si è scoperto che la maggior parte dei brevetti sono nati nel Engineering Research Center of Water Treatment and Water Environment Restoration, Ministry of Education: fondato sulla base del Centro di ricerca scientifica e tecnologica Yixing della Nanjing University (attualmente Yixing Environmentally Friendly Institute of Nanjing University), che è la prima industria universitaria fuori dal campus - base di ricerca dell'Università di Nanchino. Il centro mira a promuovere l'industria del trattamento delle acque più tecnologicamente avanzata, più standardizzata per quel che concerne le attrezzature e più solida sul mercato. Attraverso l'innovazione dei sistemi e la commistione di talenti tecnicamente creativi, il centro si sforza di costruire un sistema per industrializzare efficacemente la ricerca scientifica e si concentra sullo sviluppo di tecnologie comuni e fondamentali, in modo da diventare una base di ricerca ingegneristica di primo piano a livello nazionale e internazionale per il trattamento dell'acqua e ripristino dell'ambiente idrico.

Il centro è il vettore essenziale del progetto "One Center One Base" della provincia di Jiangsu. Ha fondato o guidato la fondazione di una serie di piattaforme avanzate tra cui il National Engineering Research Center per il controllo dell'inquinamento organico e il riutilizzo delle risorse idriche, la National Innovation Association specializzata in apparecchiature e tecnologie per il trattamento dell'acqua a risparmio energetico, il Jiangsu Industry Technology Institute anche questo adibito al controllo dell'inquinamento idrico e il riutilizzo delle risorse. L'attuale direttore del centro è il professor Ren Hongqiang.



I compiti principali del centro sono la ricerca e la conversione delle tecnologie comuni e fondamentali nel trattamento delle acque e il ripristino dell'ambiente idrico, che comprendono i seguenti cinque aspetti:

- nuove tecnologie per il trattamento delle risorse idriche e fognarie;
- controllo dell'inquinamento da fonte non puntuale e tecnologia di ingegneria ecologica;
- tecnologie di conservazione e restauro delle risorse idriche;
- tecnologie di valutazione di sostanze tossiche e sicurezza ecologica;
- politica e standard per la tecnologia di prevenzione dell'inquinamento idrico.

Il centro ha ottenuto ingenti risultati negli ultimi cinque anni ed è attualmente il centro leader a livello nazionale nel trattamento biologico delle acque reflue industriali e si propone come futuro leader a livello anche internazionale per quello che riguarda le nuove tecnologie da applicare in campo industriale, nuove attrezzature e tecnologie di previsione dei rischi ambientali.

Vanta una sede di ricerca stabile di 6.000 metri quadrati e attrezzature e strumenti di ricerca di grandi dimensioni con un valore totale di circa 120 milioni di Yuan ed è considerato quale "Water Hospital" per aver fornito un servizio di tecnologia di protezione ambientale e soluzioni idriche per oltre 200 imprese in patria e all'estero.

L'Università della California e nello specifico la UCLA, invece si è posta come obiettivo la soddisfazione del bisogno di acqua potabile per uso comune, per scopi agricoli e ricreativi attraverso la rimozione degli agenti inquinanti, al costo più basso possibile e nel minor tempo; questa è da sempre una sfida che qualsiasi azienda che opera in tale campo si è posta e ha provato ad ovviare a tale problema grazie all'utilizzo di specifici enzimi; ma i recenti sforzi per sfruttare le attività enzimatiche di batteri e funghi naturali, che suddividono gli inquinanti nelle loro componenti chimiche innocue, rischiano di rilasciare nell'organismo pericolosi detriti. Un team interdisciplinare al CNSI guidato dal Dr. Shaily Mahendra e dal Dr. Leonard Rome ha scoperto un nuovo approccio alla depurazione delle acque che utilizza enzimi racchiusi in nanoparticelle magnetiche. Questa tecnica è economica, efficiente dal punto di vista energetico e in grado di rimuovere contemporaneamente più inquinanti riducendo al minimo i rischi per la salute pubblica e l'ambiente. Applicando un campo magnetico esterno, è possibile spostare le particelle all'interno dell'emulsione e con esse le sostanze da eliminare precedentemente smembrate dall'effetto degli enzimi batterici e funghi.



6.3 GE – Suez e Kurita: trend e sviluppi tecnologie a confronto

GE Water & Process Technologies è la divisione aziendale di General Electric che per anni si è occupata di studiare nuove tecnologie nel campo dei sistemi di trattamento delle acque; continua a investire in ricerca e sviluppo al fine di rendere le tecnologie più robuste, riducendo al tempo stesso la quantità di energia necessaria per il loro funzionamento.

Ad esempio, Water & Process Technologies ha lavorato allo studio di nuove membrane avanzate che utilizzano una pressione molto inferiore per operare in ambienti standard; poiché le acque reflue contengono elevati livelli di contaminanti organici, queste nuove membrane sono progettate anche per tollerare alti livelli di sostanze organiche nocive. GE ha deciso di operare nel settore industriale e nei settori municipali, per dimostrare il potenziale delle soluzioni di riutilizzo dell'acqua al fine di soddisfare le esigenze di approvvigionamento idrico.

Da settembre 2017 però, GE Water & Process Technologies, è stata acquisita dall'industria francese Suez, leader nella gestione delle materie prime e approvvigionamento energetico e nella riduzione del consumo di acqua e trattamento della stessa, per una cifra di circa 3.2 miliardi di euro. Suez ha creato una nuova business unit operante in questo settore, posta sotto la guida dell'ex CEO di GE Water Heiner Markhoff; Suez si è fornita del know-how di GE inglobando tutto il team precedente di GE a quello già esistente di Suez, implementando così diversi modi di innovare per raggiungere uno scopo comune, creando sinergie che porteranno allo sviluppo di nuove tecnologie.¹¹

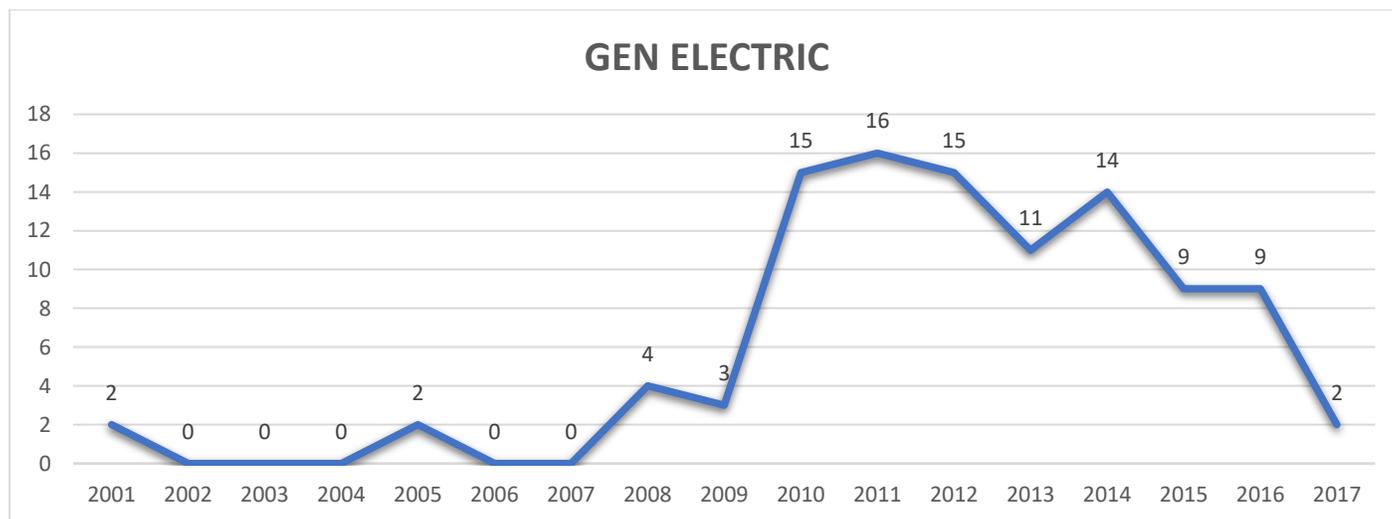


Figura 6-25: Andamento applicazioni di brevetti di GE nel tempo

Dal grafico si può apprezzare l'andamento delle application dei brevetti pubblicati da GE negli ultimi 16 anni dal 2001; si può notare che nonostante nei primi 8 anni siano stati pubblicati solamente 11 brevetti e l'ultimo periodo sia sottostimato, il trend è stato per diversi anni comunque in crescita e lo si presuppone tale anche ad oggi, con un picco avvenuto nel 2011 con 16 application di patent. Come per Kurita, anche per GE il 2009 segna l'anno di una svolta tecnologica importante, passando in un solo anno dalla pubblicazione di soli tre brevetti a 15: seguono quattro anni in cui sono stati pubblicati 56 brevetti, sintomo della continua innovazione e ricerca costante da parte di questa azienda.

Passando a Kurita, doveroso è sottolineare che è un'azienda da 60 anni circa svolgente un ruolo centrale nella ricerca e sviluppo di nuove tecnologie in ambito ambientale e di trattamento delle acque; il continuo sforzo nel mondo della ricerca ha portato a sviluppare rapidamente nuovi prodotti e tecnologie che soddisfino le esigenze dei clienti sia in Giappone che all'estero, combinando la ricerca pura di nuovi sistemi con l'evoluzione delle tecnologie già esistenti. Kurita cerca di proporre soluzioni ottimali per la totalità dei problemi sorti negli anni circa il trattamento delle acque, in particolare:

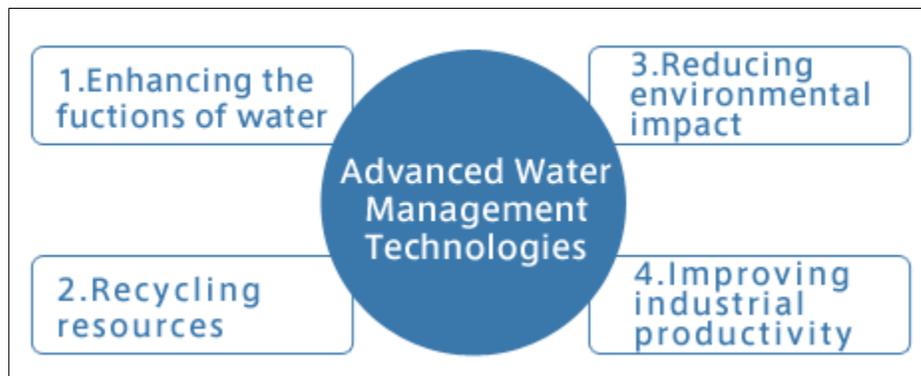


Figura 6-26: Schema tecnologie sistemi di depurazione acque di Kurita

- Migliorare le funzioni dell'acqua: è in fase di sviluppo una tecnologia all'avanguardia per la produzione di acqua ultra pura, che permette la diversificazione delle funzionalità della stessa e un'analisi approfondita delle impurità;
- Risorse di riciclaggio: obiettivo preponderante è realizzare una società sostenibile sviluppando tecnologie per recuperare e riciclare l'acqua e altre risorse preziose;
- Ridurre l'impatto ambientale: Kurita è attiva nel campo della realizzazione di tecnologie avanzate per ridurre l'impatto ambientale delle attività umane e aumentare la compatibilità tra sviluppo economico e protezione dell'ambiente.
- Migliorare la produttività industriale: altro obiettivo è aiutare i clienti a migliorare la loro produttività sviluppando e offrendo tecnologie per il risparmio di acqua ed energia per operazioni stabili di impianti.

Per quanto concerne la proprietà intellettuale nel settore del trattamento delle acque in Giappone e nel mondo, il Kurita Group è un leader in termini di numero di brevetti detenuti. L'impegno di Kurita nello studio e successiva realizzazione di tecnologie all'avanguardia e prodotti innovativi, attesta la sua volontà di essere un'azienda driver in ambito tecnologico.

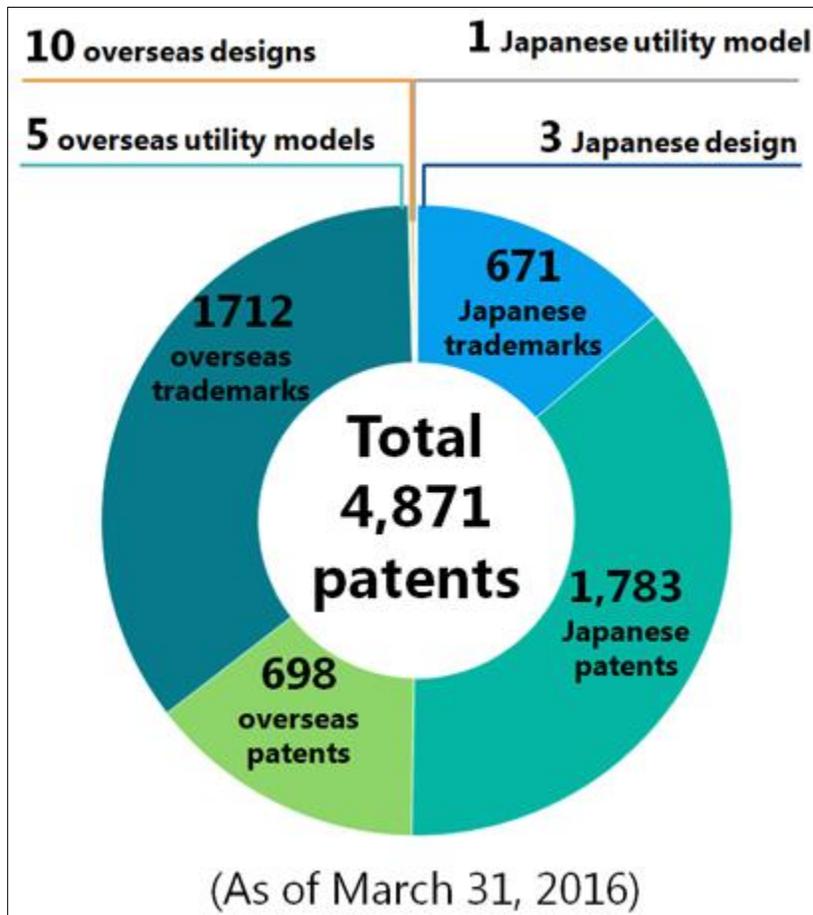


Figura 6-27: Proprietà Intellettuale di Kurita

In figura, si può notare l'andamento delle pubblicazioni e relative applicazioni dei brevetti da parte di Kurita negli anni.

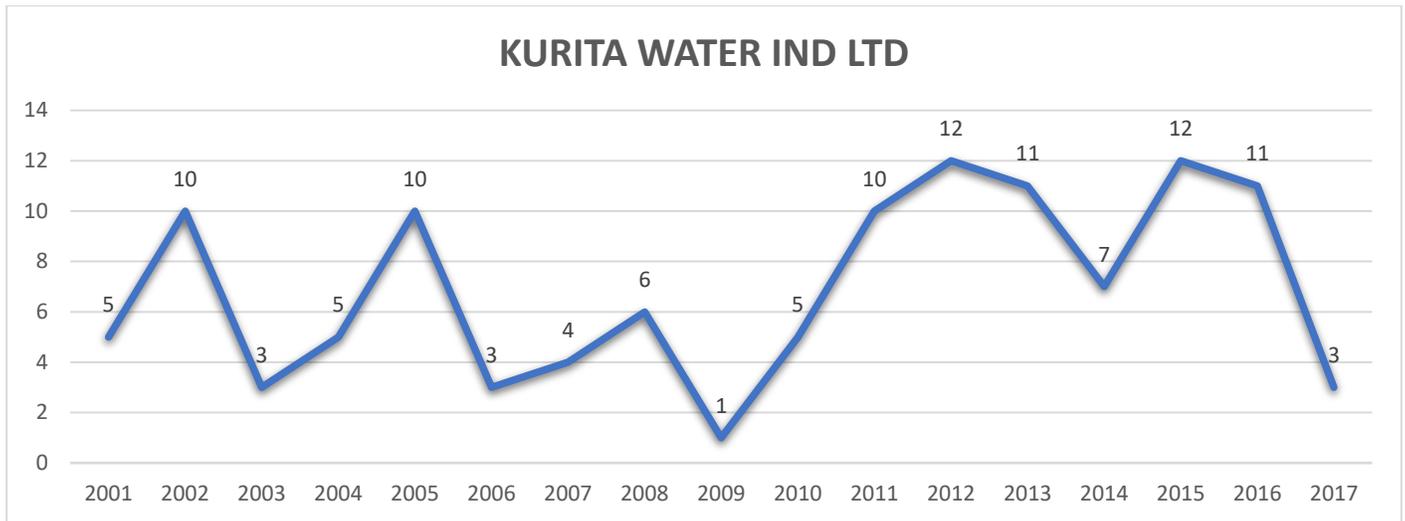


Figura 6-28: Applicazioni di brevetti di Kurita negli anni

Decisamente più costante nel tempo la curva del trend di Kurita rispetto a quella di General Electric: certamente la condizione di leader mondiale negli anni, ha imposto a questa azienda il mantenimento di un certo standard evolutivo per quanto concerne le innovazioni in questo ambito; a sostegno di questa ipotesi si può osservare come ci siano state 3 chiare ondate innovative nei primi 8 anni: curiosa è la sola pubblicazione di un brevetto nel 2009, probabilmente dovuta all'abbandono di una determinata tecnologia, per fare spazio all'introduzione di una decisamente più innovativa, ma ancora presumibilmente in fase di studio: da quell'anno infatti Kurita ha pubblicato 38 brevetti in 48 mesi, portando la curva ai massimi livelli in breve tempo.

7 Considerazioni finali e conclusioni

7.1 Trend e possibilità di riutilizzo delle acque reflue

L'innovazione tecnologica è in continua evoluzione e destinata a far parte di un trend positivo nel tempo grazie agli innumerevoli studi condotti sia da parte di centri di ricerca specifici delle diverse aziende, sia per meriti delle principali università mondiali, che con i loro ricercatori sperimentano e ideano nuove soluzioni spesso oggetto di brevettazione; nonostante il trend delle applicazioni sia sottostimato negli ultimi tre anni e in leggero calo, quello delle pubblicazioni è in stabile crescita da molti anni, segno del fatto che l'avvento tecnologico non si è saturato nel tempo, ma sono evidentemente in corso sperimentazioni per eventuali applicazioni dei sistemi brevettati in precedenza.

L'andamento delle innovazioni tecnologiche procede ad ondate della durata di diversi anni: si inizia con un sistema totalmente innovativo e si procede con lo sviluppo e il miglioramento di tale tecnologia tendendo però al limite naturale di saturazione del sistema; raggiunto l'apice di sviluppo si procede con l'innovazione di un altro sistema, ponendo come base quello precedente, e così via; questi trend sono ben visibili nei grafici relativi ai codici specifici IPC: IPC02F128, IPC02F144, IPC02F152, in cui si può notare il susseguirsi delle varie ondate tecnologiche.

Un ulteriore focus lo si può puntare sui coefficienti angolari delle rette di previsione lineare delle suddette tecnologie: si può facilmente intuire come le tecnologie a membrana siano state di gran lunga preferite nel tempo rispetto alle tecnologie di adsorbimento e flocculazione; membrane che hanno portato a sviluppare sistemi di depurazione di elettrodialisi ed osmosi sempre più efficienti, rispetto magari a quelli di digestione anaerobica, flocculazione tramite agenti chimici e fanghi attivi, che, ricordiamo, svolgono un ruolo centrale in queste particolari strutture di depurazione, ma seconde in quanto ad utilizzo e prestazioni.

Accostati ai classici, seppur innovativi, sistemi di depurazione per il trattamento delle acque però vi sono sistemi decisamente differenti da questi: la flocculazione attraverso agenti chimici e l'utilizzo di raggi UV sono un esempio lampante in questo campo, ma anche l'utilizzo dei sistemi MBR e le nanoparticelle si stanno facendo largo come possibili soluzioni alternative ai classici sistemi di depurazione.

Il mercato è anch'esso in continua evoluzione e sempre più aziende entrano a farne parte, proponendo sistemi di depurazione innovativi, a tal punto che non è semplice definire una netta segmentazione di mercato, fatto salvo per le primissime cinque aziende che detengono un numero nettamente superiore di tecnologie brevettuali rispetto alle altre; se si pensa però ad un livello più globale, le prime 100 aziende al mondo classificate per numero di brevetti, non coprono nemmeno il 30% dell'intero mercato: questo è sintomo del fatto che esiste un numero estremamente considerevole di aziende che sono detentrici quantomeno di un brevetto, che non potranno mai essere diretti



competitors dei colossi mondiali, ma che comunque occupano una posizione di rilievo in questo ambito tecnologico, aumentando la concorrenza del mercato globale. Si è potuto notare tuttavia, che i players si sono alternati e alcuni addirittura sostituiti ad altri durante questo ventennio di innovazione tecnologica, infatti: nei primi otto anni dal 2001 al 2009 possiamo notare che solo un ristretto numero di aziende compariranno poi come attori rilevanti negli otto anni seguenti; OTV SA ad esempio, è stata inglobata dalla multinazionale Veolia e quindi totalmente sparita dal mercato, Kurita si è affermata come top firm solo nella seconda parte di questo arco temporale, GE segue in questa classifica, mentre aziende del calibro di Mitsubishi e Toshiba hanno assunto un ruolo considerevole come valide alternative in questa compagine. Il mercato pertanto resta aperto e non presenta sostanziali barriere all'ingresso, sintomo del fatto che qualsiasi tipo di innovazione tecnologica è brevettabile e utilizzabile in seguito; i dati che portano a tali conclusioni sono gli indici di Herfindahl, mai superiori al 4%, calcolati prima sull'intera popolazione e dopodiché analizzando due archi temporali differenti. Come detto, è emerso soltanto l'alternarsi e l'affermarsi nel tempo di alcune aziende a discapito di altre. In Italia non è mai emerso un player dominante capace di competere con le altre compagini mondiali quali GE, Kurita, Veolia, Suez o Mitsubishi, ma l'ENEA gioca un ruolo fondamentale nella ricerca e sviluppo delle tecnologie circa la prevenzione dell'ambiente e la produzione di energia.

I prospetti futuri mirano al continuo e crescente trend circa tutti i principali sistemi di depurazione, dai classici già esistenti attraverso opere di miglioramento riguardo queste tecnologie, a quelli più innovativi che ancora non sono entrati a far parte di questo mercato in larga scala; come già accaduto, è probabile che nel corso degli anni a venire entrino a far parte di tale mercato anche nuove aziende che adesso non ricoprono ruoli centrali e che altre invece vengano inglobate in compagnie più grandi e con più potere di mercato. Quello che è certo, è che l'innovazione tecnologica dei sistemi di trattamento e depurazione delle acque non si fermerà e procederà ad ondate come è sempre accaduto, all'insegna del miglioramento delle condizioni ambientali, di salute e del benessere più in generale di tutte le popolazioni.

8 Riferimenti Bibliografici e Sitografia

1. Tamersit, S., Bouhidel, K.-E., Zidani, Journal of Environmental Management. 2018. Investigation of electro dialysis anti-fouling configuration for desalting and treating tannery unhairing wastewater: feasibility of by-products recovery and water recycling;
2. Owusu-Agyeman, I., Shen, J., Schäfer, A.I. 2018. Renewable energy powered membrane technology: Impact of pH and ionic strength on fluoride and natural organic matter removal;
3. Lu, Q., Huang, J., Maan, O., Liu, Y., Zeng, H. 2018. Probing molecular interaction mechanisms of organic fouling on polyamide membrane using a surface forces apparatus: Implication for wastewater treatment;
4. Lech, K., Michalska, A., Wojdyło, A., Nowicka, P., Figiel, A. 2018. The influence of physical properties of selected plant materials on the process of osmotic dehydration;
5. Gwak, G., Kim, D.I., Hong, S. 2018. New industrial application of forward osmosis (FO): Precious metal recovery from printed circuit board (PCB) plant wastewater;
6. Oh, Hyun-Suk; Constancias, Florentin; Ramasamy, Chitrakala. 2018. Biofouling control in reverse osmosis by graphen oxide treatment and its impact on the bacterial community;
7. Touati, Khaled; Alia, Elbez; Zendah, Houda. 2018. Sand filters scaling by calcium carbonate precipitation during groundwater reverse osmosis desalination;
8. Khorshidi, B., Biswas, I., Ghosh, T., Thundat, T., Sadrzadeh, 2018. Robust fabrication of thin film polyamide-TiO₂ nanocomposite membranes with enhanced thermal stability and anti-biofouling propensity;
9. Ma, J., Shi, J., Ding, L., Jiang, L., Fu, K., 2018. Removal of emulsified oil from water using hydrophobic modified cationic polyacrylamide flocculants synthesized from low-pressure UV initiation. Separation and Purification Technology.
10. Maurizio Coronidi, 2017 Responsabile del Laboratorio Tecnologie per la gestione integrata rifiuti, reflui e materie prime/secondarie dell'ENEA.
11. <https://www.sciencedirect.com>
12. <https://www.scopus.com>
13. <https://www.suezwatertechnologies.com>
14. <http://www.kurita.co.jp>
15. <https://www.enea.it>
16. <https://www.hydroaids.com>
17. <https://www.epo.org>
18. <http://www.wipo.int>
19. <https://www.unesco.org>
20. <https://www.fao.org>



