
Cirkulär vattenhantering inom industriell symbios – erfarenheter från nationella och internationella fallstudier

Omvärldsanalys för drivkrafter, möjliga tekniska lösningar och hållbara affärsmodeller



Medfinansieras av
Europeiska unionen



Rapportnummer: C11095

Författare: Galya Simeonova, Kåre Tjus, Lisa Gren

Granskare: Fredrik Hedman

Godkännare: Linda Kanders

ISBN nummer: 978-91-7883-790-8

På uppdrag av: Tillväxtverket inom projektet Accelererar industriell symbios på Umeå Eco Industrial Park

Innehållsförteckning

Summary	5
Sammanfattning	6
1 Inledning	7
2 Metod	7
3 Resultat och diskussion	8
3.1 Omvärldsanalys Eko-Industriella Parker (EIP)	8
3.2 Omvärldsanalys cirkulär vattenanvändning	9
3.2.1 Vattenreningenskrav för olika industrier	14
3.2.2 Tekniska lösningar för vattenrening	16
3.3 Kriterier för att få till en lyckad EIP	20
3.4 Metoder för att mäta miljöpåverkan i en lyckad EIP	23
3.5 Förslag på koncept för modern EIP	25
3.6 Affärsmodeller	27
4 Slutsatser och framtida arbete	29
Referenser	30
Bilaga 1 Industriella parker	32
1. Nationella EIP	32
a. Händelö EIP	32
b. Sotenäs kommun	33
2. Internationella EIP	33
a. Kalundborg, Danmark	33
b. Sagunto, Spanien	34
c. NÖ-Sud, Österrike	34
d. Izmir Ataturk Industriell Zon, Turkiet	34
e. Industriell symbios i Kina	35
f. Ulsan Mipo och Onsan Industriell park, Sydkorea	36
g. Kwinana, Australien	36
h. Hoa Khanh Industriell Zon, Vietnam	37

CIRKULÄR VATTENHANTERING INOM INDUSTRIELL SYMBIOS –

Omvärldsanalys för drivkrafter, möjliga tekniska lösningar och hållbara affärsmodeller
December 2025

i.	Avsaltning av havsvatten och återvinning av avloppsvatten i Förenade Arabemiraten	37
j.	ALEAP Grön Industriell Park i Telangana, Indien	37
k.	West Basin, USA	38
l.	Mogi das Cruzes, Brasilien	38
m.	PIMSA Industriell park Malambo SA, Colombia	39

Summary

The purpose of the business intelligence analysis has been to identify drivers, technical solutions and sustainable business models that are relevant for the establishment and development of Eco-Industrial Parks (EIP), both in Sweden and internationally. Water resources management has been paid a particular attention, since the aim is to update the knowledge about success factors and challenges in the field of circular water. The main objective has been to support Umeå Eco-Industrial Park (UEIP) in formulating a strategic direction for water supply in industrial symbiosis, based on the experience from established parks as well as the opportunities to adapt these to the specific conditions in northern Sweden – such as cold climate, good access to renewable energy, long logistics chains and the need for resilient infrastructure. The strategy also considers the ambition to attract new companies to the industrial cluster at UEIP, especially these operating in the sectors such as bioeconomy, circular material flows, and technologies for green transition, which can contribute to an integrated and sustainable industrial ecosystem.

The survey included several national and international examples of industrial symbiosis and sustainable park development. A concept for a modern EIP was developed with a particular focus on sustainable and circular water management, based on the explored case studies, as well as on the project group's experiences. The concept is based on synergies between different companies that are established in the same area, where resource sharing and collaboration around water is central ingredient of the park's symbiosis strategy.

Implementation of the developed concept at UEIP will require a vast number of changes through both gradual and radical innovation. Detailed mapping of each company's water needs is necessary to enable water symbiosis at UEIP. The mapping shall be integrated as a natural part of the establishment process within the EIP. For example, information about water quality, quantity and temperature should be specified, both for incoming and outgoing water, which is needed for the successful identification of synergies and matchmaking between the different companies. It is essential that a holistic approach is applied where technology, business models, regulation and collaboration between the companies are developed in parallel to the establishment of sustainable and robust water management system.

Sammanfattning

Syftet med omvärldsanalysen har varit att identifiera drivkrafter, tekniska lösningar och hållbara affärsmodeller som är relevanta för etablering och utveckling av Eko-Industriella Parker (EIP), både i Sverige och internationellt. Särskilt fokus har lagts på vattenresurser och hantering, med målet att uppdatera kunskapsläget kring framgångsfaktorer och utmaningar inom området. Det huvudsakliga målet har varit att stödja Umeå Eko-Industrial Park (UEIP) i att formulera en strategisk inriktning för industriell symbios, baserad på lärdomar från etablerade exempel och anpassad till de specifika förutsättningarna i norra Sverige, såsom kallt klimat, god tillgång till förnybar energi, långa logistikkedjor och behovet av resilient infrastruktur. Den strategiska inriktningen tar även hänsyn till ambitionen att attrahera nya aktörer till industriklustret på UEIP, särskilt företag verksamma inom bioekonomi, cirkulära materialflöden och teknologier för grön omställning, vilka kan bidra till ett integrerat och hållbart industriellt ekosystem.

Omvärldsanalysen omfattade ett flertal nationella och internationella exempel på industriell symbios och hållbar utveckling. Med utgångspunkt i dessa fallstudier, samt projektgruppens samlade erfarenheter, utvecklades ett koncept för en modern EIP med särskilt fokus på hållbar och cirkulär vattenhantering. Konceptet bygger på synergier mellan olika aktörer som etableras inom området, där resursdelning och samverkan kring vattenflöden utgör centrala komponenter i parkens symbiosstrategi.

Implementering av framtaget koncept på UEIP kommer att kräva olika förändringar och utvecklas genom både stegvis och radikal innovation. För att vattensymbiosen ska kunna realiseras på UEIP behöver en detaljerad kartläggning av varje aktörs vattenbehov och vattenflöden genomföras. Detta bör integreras som en naturlig del av etableringsprocessen inom EIP. Information om exempelvis vattenkvalitet, kvantitet och temperatur måste tydliggöras, både för inkommande och utgående vatten, för att det ska vara möjligt att identifiera matchningar och synergier mellan olika aktörer. Framtida insatser bör ta ett helhetsgrepp där teknik, affärsmodeller, reglering och aktörssamverkan utvecklas parallellt för att skapa ett hållbart och framtidssäkrat vattenhanteringssystem.

1 Inledning

Befolkningsökning, ökad levnadsstandard samt ökad miljöbelastning kräver ett nytänkande kring sötvattentillgång. Ökad grad av implementering av cirkulära lösningar samt ökad grad av avsaltat vatten krävs framöver för att lyckas behålla en hållbar balans och tillgång på vatten.

Idag står industrin för ca 70% av den totala mängden vatten som förbrukas i Sverige (SCB, 2021). Därför är det viktigt att undersöka möjligheterna att minska industrins vattenbehov, samtidigt som möjligheterna för hållbar utveckling och tillväxt inom näringslivet främjas utan att äventyra dricksvattenförsörjning till befolkningen.

Syftet med projektet är att genomföra en omvärldsanalys av drivkrafter, potentiella tekniska lösningar och hållbara affärsmodeller, i syfte att uppdatera kunskapsläget kring befintliga framgångsfaktorer och utmaningar vid etablering av Eko-Industriella Parker (EIP), med särskilt fokus på vattentillgång och vattenhantering. Omvärldsanalysen förväntas bidra till inspiration kring möjliga långsiktigt hållbara lösningar för vattenhantering som finns på andra EIP och som skulle kunna adopteras och utvecklas vidare genom lämpliga anpassningar för Umeå Eko-Industriell Park (UEIP). UEIP kommer att etableras gradvis, och det finns utmaningar kopplade till både vattenresurser och infrastruktur. Genom att skapa förutsättningar för industriell symbios och cirkulär användning av vattenresurser ska UEIP kunna växa på ett resurseffektivt sätt, utan att belasta det kommunala vattensystemet och påverka miljön negativt.

Omvärldsanalysen utfördes av IVL Svenska Miljöinstitutet AB (IVL) inom ramen för projektet Accelererar industriell symbios, i arbetspaket 3 (AP3) Cirkulär vattenhantering.

2 Metod

En omvärldsanalys genomfördes för att kartlägga befintliga symbioser på EIP med särskilt fokus på cirkulär vattenanvändning både nationellt och internationellt. Detta inkluderade en översiktlig granskning av öppna källor, relevanta rapporter och vetenskaplig litteratur. Samanställd omvärldsanalys presenterades på workshop 1 i AP3 Cirkulär vattenhantering och bilden för olika relevanta fall och

önskad riktning för UEIP kompletterades vidare med input från alla deltagare på workshopen.

3 Resultat och diskussion

3.1 Omvärldsanalys Eko-Industriella Parker (EIP)

Industriell symbios avser samverkan mellan olika företag inom ett gemensamt geografiskt område med syfte att effektivisera användningen av resurser såsom material, biprodukter, energi, värme, vatten, utrustning och kompetens för en mer hållbar och långsiktig resursanvändning (Lombardi och Laybourn, 2012).

Industriell symbios bidrar till minskade utsläpp av växthusgaser, vilket främjar långsiktig klimatneutralitet, stärker konkurrenskraften och ger ett positivt bidrag till samtliga globala mål för hållbar utveckling, såsom illustrerat i Figur 1 (World Bank, 2021). Affärsmässiga, kulturella och policyrelaterade utmaningar såsom prissättning, kvalitetskrav, risker kopplade till varumärkesreputation, social acceptans samt behovet av harmoniserade regelverk och miljötillstånd behöver hanteras för att möjliggöra etablering och långsiktig utveckling av industriell symbios.



Figur 1. EIP påverkan på Globala Hållbarhets Utvecklings Mål (Källa: World Bank, 2021)

Drivkrafter, fördelar och risker med Eko-Industriella Parker (EIP) sammanställs i Tabell 1. De identifierade riskerna behöver hanteras proaktivt för att undvika negativa konsekvenser såsom påverkan på medarbetarna och skada på kommunens rykte.

Tabell 1. Sammanställning av drivkrafter, fördelar och risker med EIP (Källa: World Bank, 2021)

Drivkrafter	Fördelar	Risker
Driver industrialisering och skapar nya jobbtillfällen	Hög effektivitet genom samarbete på gemensamt geografiskt område	Miljöpåverkan (luft, vatten, mark, mm)
Litet fotavtryck	Koncentrerat på ett gemensamt geografiskt område	Tillgång till adekvat infrastruktur och säker vattenförsörjning
Högre konkurrenskraft	Reducerade driftkostnader och högre process och produktions effektivitet	Beroende av externt beslut för finansiering om inte själv kan bära investeringskostnaderna
Cirkulära gröna lösningar	Ökad resurseffektivitet Minskade utsläpp av växthusgas	Inte mogna och saknas erfarenhet från tidigare goda exempel

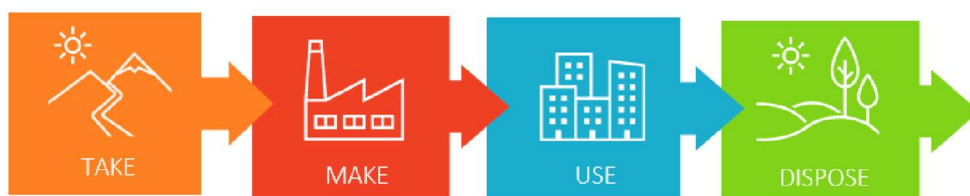
World Bank har, i samarbete med UNIDO FN:s organisation för industriell utveckling och GIZ Tysklands statliga organ för internationellt utvecklingssamarbete, utvecklat ett ramverk för Eko-Industriella Parker (EIP), vars andra version erbjuder ett mer avancerat stöd för både uppgradering av befintliga konventionella industriområden till EIP och planering av nya parker. Version 2 för ramverket för EIP möjliggör kontinuerlig utveckling och förbättring av EIP-konceptet, med särskilt fokus på hållbarhet, resurseffektivitet och samverkan mellan aktörer. Ramverket är tillämpbart globalt och syftar till att stödja transformationen mot mer integrerade och klimatneutrala industrikuster (World Bank, 2021).

3.2 Omvärldsanalys cirkulär vattenanvändning

I detta avsnitt presenteras vattenreningskrav för olika industrier, tekniska lösningar för cirkulär vattenhantering på moderna EIP, kriterier för lyckad EIP samt bedömning av miljöpåverkan inom EIP. I Bilaga 1 ges exempel på nationella

och internationella EIP, inklusive en kort beskrivning av industriell symbios och vattenhantering i respektive park. Vattentillgång och hantering av avloppsvatten inom EIP är kritiska faktorer och måste vara hållbara, effektiva (World Bank, 2021) samt ha inbyggd säkerhet för att undvika driftsstörningar vid oförutsedda händelser. Målet för EIP är att minska vattenförbrukningen, maximera intern vattenåteranvändning och prioritera recirkulering framför strikt nollutsläpp. Avloppsvatten skall hanteras ansvarsfullt (World Bank, 2021).

Dagens exploateringsgrad av naturresurser inklusive vår viktigaste resurs, **vatten**, där 70% används från industri (SCB, 2021), är oroande och kräver en systemomvandling. Genom att utveckla hållbara och cirkulära lösningar kan vi minska trycket på uttag av jungfruliga naturresurser och främja en mer resilient och resurseffektiv framtid (Castellet-Viciano *m.fl.*, 2022). För att möjliggöra övergång från linjär modell (Figur 2) till en cirkulär modell (Figur 3) för naturresurshantering krävs att industrier i högre grad delar, lånar, återanvänder och återvinner material och produkter (Castellet-Viciano *m.fl.*, 2022). Detta är avgörande för att minska resursförbrukningen och främja ett mer hållbart system. Det inkluderar även effektiv utvinning av ämnen från vattenströmmar i industriella processer. Industriell symbios har praktiserats i flera decennier, men etablerade rutiner för drift av dessa system särskilt med avseende på vatteninfrastruktur är fortfarande begränsande (Kimoslav och Marchant, 2019). Vissa industriella symbioser har fortfarande en helt linjär vattenhantering, medan andra delvis återanvänder vattenströmmarna direkt utan behov av behandling. Detta visar på variationen i teknisk mognad och resurseffektivitet inom olika EIP (Kimoslav och Marchant, 2019).



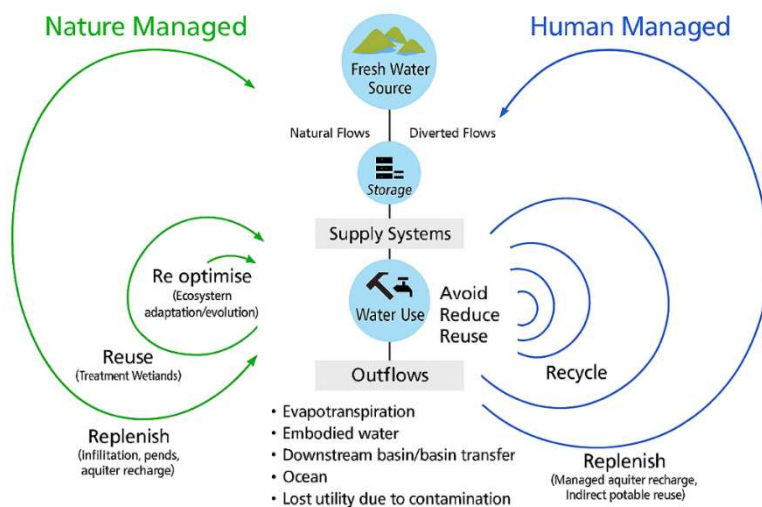
Figur 2. Linjär modell för naturresurshantering (Källa: Castellet-Viciano *m.fl.*, 2022)

Enligt Kimoslav och Marchant, (2019) fokuserar cirkulär vattenhantering på två cykliska system, vilket illustreras genom den så kallade "vattenfjärilen" (Figur 4). I denna modell balanseras den mänsklig vattenhantering med den naturliga vattencykeln.

CIRKULÄR VATTENHANTERING INOM INDUSTRIELL SYMBIOS –
Omvärldsanalys för drivkrafter, möjliga tekniska lösningar och hållbara affärsmodeller
December 2025



Figur 3. Cirkulär modell för naturresurshantering (Källa: Castellet-Viciano m.fl., 2022)



Figur 4. "Vattenfjäril" modell för cirkulär vattenhantering (Källa: Antea Group, Arup och Ellen MacArthur Foundation, 2018)



Figur 5. IWAs 5Rs strategi för hållbar vattenhantering (Källa: Cramwinckel, m.fl., 2017)

International Water Association (IWA) har utvecklat "5Rs" för vattenhantering: Reduce, Reuse, Recycle, Recover, Restore vilket på svenska motsvarar, minska, återanvända, cirkulera, återvinna och återställa. Strategin, som illustreras i Figur 5 syftar till att minska trycket på vattenresurserna både vad gäller kvantitet och kvalitet (WBCSD 2016).

De tre modellerna den cirkulära modellen för naturresurshantering (Figur 3), den cirkulära "vattenfjärils" modellen för vattenhantering (Figur 4) och IWAs 5Rs strategi (Figur 5) ger en översikt över de parametrar som bör prioriteras för en hållbar vattenhantering. Dock är de inte så ingående i hur EIP bör teoretisk designas.

Runtom i världen har några industrihubbar redan anammat cirkulär vattenhantering, och de erbjuder värdefulla lärdomar för Umeå och andra. Från Danmark till Kalifornien visar exemplen (Bilaga 1) hur kreativ delning av vatten kan ge stora vinster för både hållbarhet och ekonomi. Nedan presenteras några internationella exempel på cirkulär vattenanvändning inom industriell symbios, med deras strategi och resultat (Tabell 2).

CIRKULÄR VATTENHANTERING INOM INDUSTRIELL SYMBIOS –

Omvärldsanalys för drivkrafter, möjliga tekniska lösningar och hållbara affärsmodeller
December 2025

Tabell 2. Internationella exempel på cirkulär vattenhantering

Plats	Strategi för cirkulär vattenhantering	Resultat
Kalundborg, Danmark	Gemensam infrastruktur för användning och recirkulering av processvatten och kylvatten mellan kraftverk, oljeraffinaderi, läkemedelsfabrik m.fl. Övergång från grundvatten till sjövattnen som kylvattenkälla, som förbättrar nivå i reservoarerna för grundvatten.	Sparar ~3 miljoner m ³ färskvatten per år. Minskar grundvattenuttag med 2 milj m ³ och ytvattenuttag med 1 milj m ³ årligen. Har även minskat CO ₂ -utsläpp med 275 000 ton per år tack vare effektivare resursanvändning. Kalundborg ses idag som världens första och ledande exempel på industriell symbios.
Kwinana, Australien	Kwinana Water Reclamation Plant renar kommunalt avloppsvatten till hög kvalitet för återanvändning i industrin (kylning, ånga). Totalt företag utbyter också andra resurser som energi, ånga och biprodukter.	Levererar ~5 miljoner m ³ återvunnet processvatten årligen till lokala industrier. Har kraftigt minskat behovet av dricksvatten i området (industrins färskvattenförbrukning sänktes ~15%). Över 150 resursutbyten mellan företag har dokumenterats, vilket ökar effektiviteten och sparar kostnader.
West Basin (Kalifornien, USA)	Regionalt vattenverk producerar fem kvalitetsnivåer av renat vatten från avlopp via avancerad teknik (mikrofiltrering, omvänd osmos m.m.). Vattnet används till kylning vid oljeraffinaderier, bevattning av parker och pumpas även ned i grundvatten för att hindra saltvatteninträngning.	Producerar ~150 000 m ³ renat vatten per dag, vilket lindrar kronisk vattenbrist i Los Angeles-området. Industrierna i regionen täcker en stor del av sitt vattenbehov genom detta återvunna vatten, och sparar därmed dricksvatten motsvarande behoven hos hundratusentals hushåll. Grundvattnet skyddas också från saltinträngning tack vare påfyllnad med renat vatten.
Weifang, Kina	Stort kemiskt industriområde med kaskadåteranvändning: en fabriks utgående vatten blir insats till nästa, med minimalt behov av rening. Avsaltat havsvatten används som komplement. Här används mycket lite färskvatten när kretsloppen väl är i gång.	Minimalt färskvattenintag: Zonens anläggningar cirkulerar processvatten mellan flera fabriker. Genom att matcha vattenkvalitet med krav (t.ex. kylning vs. tvätt) undviker man omfattande rening och uppnår hög återanvändningsgrad. Strategin har låtit fabrikena upprätthålla produktionen trots vattenbrist och kraftigt minskat beroendet av flodvatten.
Mogi das Cruzes, Brasilien	Fabrikskomplex fångar upp och behandlar regnvatten från tak (med ozonrening och specialfilter) för användning i produktionen. Integrerat i processerna för att minska behovet av grundvatten.	Återvinner ~43 000 m ³ vatten per år internt, vilket täcker en betydande del av fabriks behov. Undviker grundvattenuttag som motsvarar ~2,5 ton CO ₂ -utsläpp (så mycket energi hade pumpning krävt). Visar hur även enskilda anläggningar kan ta vara på dagvatten för att sluta sina vattenkretslopp.
Tarragona, Spanien	Strategin för vattenhantering i Camp de Tarragona bygger på återanvändning av sekundäravloppsvatten som annars skulle släppas i Medelhavet. Genom ett avancerat reningsverk omvandlas avloppsvatten till kyl- och processvatten för petrokemisk industri, vilket minskar beroendet av Ebrofloden, frigör resurser för urban försörjning och stärker regional hållbarhet.	Anläggningen byggdes för 19 000 m ³ /d med expansion två steg till 55 000 m ³ /d. Det har ersatt ytvatten från Ebrofloden, frigjort resurser för urbana behov och möjliggjort fortsatt industriell tillväxt. Resultatet visar ökad vattenresiliens och stärkt hållbarhet i en vattenknapp region.
Sandvikens Industripark	Gemensam infrastruktur för användning av processvatten och kylvatten mellan verksamheter inom området. Omfattar ca 300 byggnader.	En gemensam infrastruktur för recirkulation av industrivatten levererar kylvatten och processvatten i ett utbyggt nätverk motsvarande ca 30 000 000 m ³ /år.

Dessa fall visar hur flexibel teknik och samarbete kan ge stora miljövinster. Kalundborgs symbios, som grundades på 1960-talet på grund av lokal vattenbrist, sparar idag miljontals kubikmeter vatten årligen och framhålls ofta som "affischen" för industriell symbios. I Kwinanas hålls tung industri igång på innovativt sätt i Perth trots torka, genom att ersätta vatten som annars tagits från sårbara grundvattenmagasin med återanvändning av renat kommunalt avloppsvatten. Kalifornienexemplet West Basin illustrerar värdet av att anpassa vattenkvalitet efter behov billigare gråvatten till kylsystem och ultrarent vatten till känsliga processer vilket maximerar återbruket av renat avloppsvatten. I Kina visar industriparken Hai Hua Ecological Industry Pilot Zone i Weifang att effektiv samverkan mellan industrier, där vatten och biprodukter återanvänds i ett cirkulärt flöde, kan kraftigt minska behovet av färskvatten - även utan avancerad reningsteknik.

Enligt Ramin *m.fl.* (2024) är kemikalie-, energi- och avloppssektorerna mest aktiva i vattenrelaterade synergier, särskilt inom vattenåtervinning och delad vattenrening. Vattenintensiva industrier som livsmedel och textil är däremot underrepresenterade, vilket tyder på en outnyttjad innovationspotential. Vattenrening sker ofta genom gemensamma eller delade anläggningar såsom reningsverk eller biogasanläggningar, särskilt inom kemiska industriparker. Kraven på rening är nära kopplade till syftet med återanvändningen exempelvis processvatten, kylvatten eller bevattning vilket påverkar teknikval och reningsnivå. Exempelvis används i Kalundborg (Danmark) sekundärt behandlat avloppsvatten för industriella processer, medan Kwinana (Australien) utnyttjar regnvatten, havsvatten och återvunnet vatten (Ramin *m.fl.*, 2024).

Systemperspektiv och organisatoriska strukturer är också avgörande. Lombardi & Laybourn (2012) samt Ruini *m.fl.* (2025) betonar att vattenflöden är en central resurs i många industriella symbioser, och att kraven på vattenrening ofta beror på symbiosens struktur till exempel om vatten delas mellan aktörer eller återanvänds inom samma anläggning. Lokala kontexter och regleringar påverkar vilka reningskrav som gäller, och tekniska detaljer måste anpassas efter dessa förutsättningar utöver att BAT tex för IED anläggningar uppfylls.

3.2.1 Vattenreningskrav för olika industrier

Vatteninnovation inom industriell symbios är starkt kontextberoende och varierar mellan sektorer och regioner.

Typiska kvalitéer av vatten som används i industri är sammanställd i Tabell 3.

Vattenreningens krav i industriell symbios måste alltid utgå från de specifika flöden och föroreningarna som uppstår i varje bransch och anpassas till lokala förutsättningar, syftet med EIPn samt gällande lagstiftning. En helhetsbedömning av miljönytta rekommenderas, där metoder som Life Cycle Assessment (LCA) och Cost-Benefit Analysis (CBA) används för att jämföra olika scenarier utifrån både miljömässiga och ekonomiska perspektiv.

Tabell 3. Typiska kvalitetsparametrar för industriellt vatten (Källa: WBCSD, 2016)

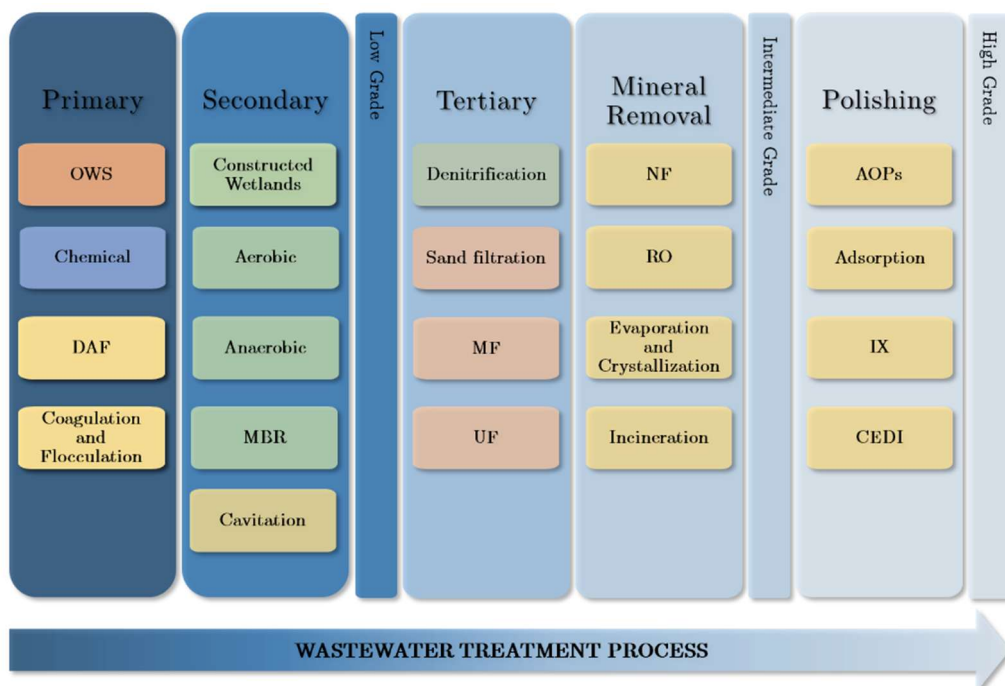
Parameter	Enhet	Låg-kvalitet	Mellan kvalitet	Hög kvalitet
pH	-	6–9	6–9	>6
Biologiskt syrebehov (BOD)	mg/L	10–30	i-s.*	i-d.**
Kemiskt syrebehov (COD)	mg/L	100–150	70–90	<2 för dricksvatten <0,5 för processvatten
Totalt kväve (TN)	mg/L	10–20	1–5	i-d.**
Total fosfor (TP)	mg/L	1–10	2–5	i-d.**
Totala suspenderade ämne (TSS)	mg/L	500–2500	100–2500	<1–15
Konduktivitet	mS/cm	0,75–3,5	0,15–3,5	0,001–0,02
Alkalinitet som CaCO ₃	mg/L	i-s.*	40–100	0–50
Hårdhet som CaCO ₃	mg/L	i-s.*	50–750	1–5
Klorider	mg/L	50–250	50–250	i-d.**
Sulfater	mg/L	i-s.*	0,35	i-d.**
Järn (Fe)	mg/L	i-s.*	0,2	0,01
Kisel (Si)	mg/L	i-s.*	<25	0–1
Upplöst syre (DO)	mg/L	i-s.*	i-s.*	<0,005
Fekala koliforma bakterier	Antal/100mL	0	i-s.*	i-s.*

* i-s. – icke-specifierad på grund av lågt värde

** i-d. – icke detekterbar på grund av väldigt låg värde

3.2.2 Tekniska lösningar för vattenrening

Modern vattenreningsteknik erbjuder möjligheter att behandla och uppgradera olika typer av vatten med varierande kvalitet för användning inom industriell symbios. Figur 6 visar ett urval av tekniker för att uppnå önskad vattenkvalitet, med särskilt fokus på tillämpning inom EIP. Typiska kombinationer av dessa tekniker, anpassade till olika industrisektorer, presenteras i Tabell 4.



Figur 6. Klassifikation av vattenreningstekniker enligt deras ursprung och användningssyfte (Källa: Kimoslav och Marchant, 2019)

¹ OWS – Olja/Vatten separator (eng. Oil/water separator)

² DAF – Flotation med luftning (eng. Dissolved Air Flotation)

³ MBR – Membran Bioreaktor (eng. Membrane Bioreactor)

⁴ MF – Membran filtration (eng. Membrane filtration)

⁵ UF – Ultrafiltration (eng. Ultrafiltration)

⁶ NF – Nanofiltration (eng. Nanofiltration)

⁷ RO – Omvänd osmos (eng. Reverse osmosis)

⁸ AOP – Avancerade oxideringsprocesser (eng. Advanced Oxidation Processes)

⁹ IX – Jonbytare (eng. Ion exchange)

¹⁰ CEDI - Kontinuerlig elektrodavjonisering (eng. Continuous electrode deionization)

CIRKULÄR VATTENHANTERING INOM INDUSTRIELL SYMBIOS –
Omvärldsanalys för drivkrafter, möjliga tekniska lösningar och hållbara affärsmodeller
December 2025

Tabell 4. Typiska kombinationer av vattenreningstekniker som används i olika industrier (Källa: WBCSD 2016)

Type of industry	Preliminary treatment	Biological treatment	Tertiary treatment	Salt & mineral removal		Polishing			
Dairy	Physical/chemical e.g. DAF	Aerobic treatment e.g. CAS	Low-grade water indicators (mg/L) COD 100–150; TSS 10–25; conductivity (mS/cm) 0.75–3.5	Ultrafiltration	Evaporation	Reverse osmosis	GAC	UV	Chlorine dioxide
Food and beverage	Physical/chemical e.g. DAF	Anaerobic/aerobic e.g. SBR		Ultrafiltration		Reverse osmosis	UV	CEDIX	
Chemicals	Density-driven e.g. oil-water separation	Aerobic treatment e.g. CAS		Sand filtration		Reverse osmosis	CEDIX		
Pharmaceuticals and cosmetics	Physical/chemical e.g. DAF	Aerobic treatment		Ultrafiltration		Reverse osmosis	GA	Ozonation	UV/H ₂ O ₂
Pulp and paper		Anaerobic/aerobic e.g. CAS		Ultrafiltration		Reverse osmosis	GAC	Ozonation	
Mining	Physical/chemical e.g. coagulation	Constructed wetlands		Ultrafiltration	Reverse osmosis	Crystallization and evaporation	CEDIX		
				Ultrafiltration		Reverse osmosis	CEDIX		
Oil and gas	Density-driven e.g. TPI	Aerobic treatment e.g. CAS		Sand filtration		Reverse osmosis	CEDIX		
	Density-driven e.g. TPI	Constructed wetlands		Ultrafiltration	Reverse osmosis	Crystallization and evaporation	CEDIX		
Cement	Physical/chemical e.g. coagulation			Ultrafiltration	Reverse osmosis	Crystallization and evaporation	CEDIX		
Electricity generation	Physical/chemical e.g. coagulation					Crystallization and evaporation	Organic scavenge	CEDIX	
	Physical/chemical e.g. coagulation			Ultrafiltration	Reverse osmosis		CEDIX		
Intermediate-grade water indicators (mg/L) COD 70–90; TSS 5–15; conductivity (mS/cm) 0.15–3.5									
High-grade water indicators (mg/L) COD n.d.; TSS 1–5; conductivity (mS/cm) 0.001–0.02									

Rening av kommunalt avloppsvatten till en kvalitet som kan användas i industri studerades av Baresel *m.fl.* (2015) och tre olika kombinationer av biologisk rening, ultrafiltrering samt UV- eller ozonbaserad desinfektion jämfördes. Enligt Baresel *m.fl.* (2015) kräver industrin (kylvatten, pannpåfyllningsvatten, industriellt processvatten för massa och pappersindustri, kemiindustri, petrokemi, kol och cementindustri, mm.) renare vatten än om avloppsvatten skulle renas för att återföras till jordbruk eller till grundvatten. Kombination av tekniker som testades för avloppsvattenrening i pilotskala är presenterade i Figur 7.

¹¹ DAF – Flotation med luftning (eng. Dissolved air flotation)

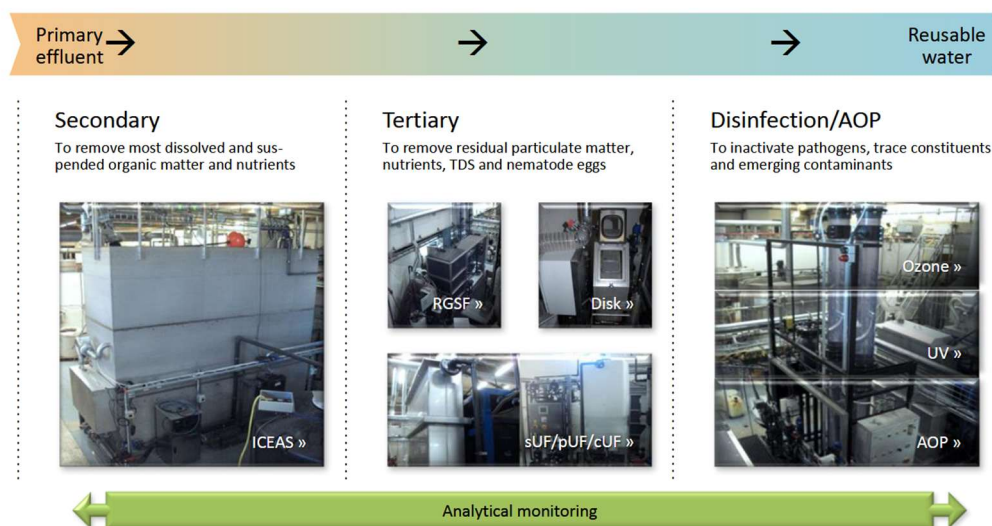
¹² TPI – Lamellseparator (eng. Tilted plate interceptor)

¹³ CAS – Konventionellt aktivt slam (eng. Conventional activated sludge)

¹⁴ GAC – Granulärt aktivt kol (eng. Granular activated carbone)

¹⁵ UV – Ultraviolett behandling (eng. Ultra-violet treatment)

¹⁶ CEDI/IX – Kontinuerlig elektrodavjonisering/Ionbytare (eng. Continuous electrode deionization/ion exchange)



Figur 7. Översikt av rening steg för kommunalt avloppsvatten till återanvändbart vatten

De tre kombinationerna av reningstekniker för industriell återanvändning omfattade:

- Sekundär rening: Biologisk rening med SBR (sekvenssatsreaktor)
- Tertiär rening: Ultrafiltrering (trycksatt eller nedsänkt)
- Desinfektion/AOP (Avancerade oxideringsprocesser): UV-desinfektion eller ozonering, följt av klorering

Exempel på kombinationer:

1. SBR → trycksatt ultrafiltrering (pUF) → UV-desinfektion → klorering
2. SBR → nedsänkt ultrafiltrering (sUF) → ozonering → klorering
3. SBR → nedsänkt ultrafiltrering (sUF) → UV-desinfektion → klorering

SBR används som sekundär biologisk rening, ultrafiltrering tar bort partiklar och mikroorganismer, UV-desinfektion eller ozonering reducerar mikroorganismer och mikroföroreningar, och klorering säkerställer mikrobiologisk säkerhet. Rapporten visar att med rätt kombination av biologisk rening, ultrafiltrering och avancerad desinfektion (UV/ozon/klorering) kan kommunalt avloppsvatten renas till en kvalitet som uppfyller industrins krav. Detta innebär att avloppsvatten kan bli en säker och stabil vattenkälla för processvatten, kylvatten och andra industriella behov i en EIP.

Tabell 5. Krav på avloppsvattenreningen till olika återanvändningsområde (Källa: Baresel m.fl., 2015)

Parameter	Enhet	Till Industri *	Till Jordbruk	Till Grundvatten
Rest Klor		0,15	0	1
Partiklar				
Totala Suspenderade ämne (TSS)	mg/l	2	5	5
Turbiditet	NTU	1	2	2
Organiska och oorganiska ämnen				
BOD	mg/l	<5	<8	<5
COD	mg/l	<30	<40	<30
TN	mg/l	10	20	<10
Ammonium N	mg/l	1	5	1
Nitrat N	mg/l	5	10	10
Organisk N	mg/l	-	5	5
TP	mg/l	1	2	1
pH	Neutral			

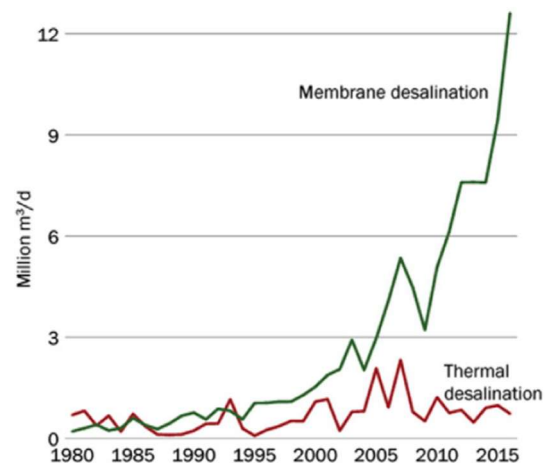
** kylvatten, pannpåfyllningsvatten, industriellt processvatten för massa och pappersindustri, kemiindustri, petrokemi, kol och cementindustri, mm.*

I Tabell 5 redovisas vattenkvalitetskrav efter rening av avloppsvatten enligt Baresel m.fl., (2015), med fokus på möjlig återanvändning för tre specifika användningsområden samt typiska mikrobiologiska egenskaper hos det renade avloppsvattnet. Baresels rapport är från 2015 och det finns Water Reuse Regulation från 2020/741/EU 2020, som gäller idag.

Det finns fortfarande tveksamhet kring att rena avloppsvatten till dricksvatten på grund av risker relaterade till säkerhet och kvalitet i vissa geografiska regioner (Fuenfschilling och Truffer, 2016), medan andra tvingas till detta på grund av torka och hittar smarta lösningar att rena avloppsvatten till dricksvatten (Munné m.fl., 2023). För industriella ändamål, däremot, är kraven på vattenkvalitet annorlunda och ofta mer hanterbara med dagens avancerade reningstekniker. Därför är återanvändning av avloppsvatten särskilt relevant för EIP, där vattnet kan användas som processvatten, kylvatten eller till andra tekniska ändamål utan att behöva uppfylla dricksvattenstandard.

Brist på vatten i många delar i världen ökar och avsättning blir mer och mer populärt. Två tekniker används primärt för avsättning: termisk avdunstning och

membranteknik. I Australien som var ett av de första länderna att implementera och öka avsaltning i urban vattensektor på grund av torka är membrantekniken dominant, som framgår från Figur 8 (Fuenfschilling och Truffer, 2016).



Figur 8. Termisk vs. membranteknik för avsaltning i Australien (Källa: Fuenfschilling och Truffer, 2016)

För EIP kan avsaltat vatten utgöra en kompletterande eller alternativ vattenkälla, särskilt där återanvändning av avloppsvatten inte räcker eller där tillgången på sötvatten är mycket begränsad. Genom att kombinera avsaltning med återanvändning av process- och avloppsvatten kan EIP öka sin vattenresiliens och minska beroendet av traditionella vattenkällor.

3.3 Kriterier för att få till en lyckad EIP

Att etablera en framgångsrik EIP kräver både organisatoriska och tekniska insatser. Forskning och internationella fallstudier visar att flera faktorer samverkar för att skapa hållbara och effektiva lösningar. Dessa kan grupperas i tre huvudområden:

Styrning, samverkan och social legitimitet

Styrning och samverkan i EIP är ofta beroende av flera faktorer på olika nivåer:

- **Adaptiv förvaltning:** Framgångsrika EIP utvecklas ofta i samspel mellan nationell policy, regionala initiativ och lokal implementering. Det krävs både toppstyrda ramverk och lokal anpassning (Bürger, 2019; Gibbs och Deutz, 2007). Exempelvis har nationella initiativ varit avgörande för att driva vatteninnovation och industriell symbios i Kina (Ramin *m.fl.*, 2024).

- **Faciliterande aktörer:** Utöver offentliga aktörer och VA-bolag kan även så kallade "industriella mäklare" eller klusterorganisationer spela en viktig roll för att bygga broar mellan företag, skapa förtroende och underlätta informationsutbyte (Baas och Boons, 2004). I Europa har EIP ofta vuxit fram genom spontana eller faciliterade samarbeten mellan företag, där tillit och långsiktiga relationer är centrala (Ramin *m.fl.*, 2024).
- **Ekonomiska och institutionella incitament:** Långsiktiga affärsmodeller, tydliga regler och ekonomiska incitament är avgörande för att skapa stabilitet och minska risker för deltagande aktörer (Baas och Boons, 2004; Ramin *m.fl.*, 2024). Även flexibla styrmedel och möjligheter till offentlig-privat samverkan kan vara viktiga för att skala upp EIP.
- **Social legitimitet och acceptans**

Social acceptans handlar inte enbart om lokalbefolkningens inställning, utan om att bygga förtroende genom transparens, delaktighet och rättvisa i beslutsprocesser (Fuenfschilling och Truffer, 2016; Gibbs och Deutz, 2007). För att uppnå social legitimitet krävs också lärande och kunskapsdelning mellan aktörer och mellan parker, vilket bidrar till att sprida goda exempel och skapa en gemensam förståelse för nyttan med miljöinnovationer (Gibbs och Deutz, 2007).

Ett konkret exempel är vattenåtervinning i Puerto Rico, där industrin lyckades vinna lokal acceptans genom att involvera samhällsaktörer i planeringen, kommunicera nyttan med tekniken och visa hur vattenåtervinning kunde bidra till både miljöförbättring och samhällsresiliens (Ramin *m.fl.*, 2024). Genom att koppla tekniken till lokala behov – som vattenbrist och klimatpåverkan – stärktes industrins sociala legitimitet, vilket möjliggjorde bredare stöd för projektet.

Samtidigt spelar lagstiftning och tillståndprocesser en dubbel roll: de kan vara hinder om de är rigida eller otydliga, men också möjliggörare om de främjar innovation och samverkan (Fuenfschilling & Truffer, 2016). En styrning som tar hänsyn till dessa sociala och institutionella faktorer är avgörande för att lyckas med industriell symbios och hållbar vattenhantering i Ekoindustriella parker.

Lärande och institutionella förutsättningar: Lärande och kunskapsdelning mellan aktörer och mellan olika industriella parker är en viktig

framgångsfaktor för EIP, eftersom erfarenhetsutbyte och spridning av goda exempel kan påskynda utvecklingen och minska trösklar för nya samarbeten (Gibbs och Deutz, 2007). Samtidigt kan lagstiftning och tillståndprocesser utgöra både hinder och möjliggörare för industriell symbios och vatteninnovation. Om regelverken är flexibla och anpassade till nya tekniska lösningar kan de underlätta implementering, medan stelbenta eller otydliga regler kan bromsa utvecklingen (Fuenfschilling och Truffer, 2016).

Teknisk samverkan och resurseffektivitet

Teknisk samverkan och resurseffektivitet är centrala principer för en framgångsrik EIP. Genom att identifiera gemensamma behov och möjligheter till resursmatchning exempelvis mellan industrier med liknande vattenkvalitetskrav kan synergier skapas som gynnar både ekonomi och miljö (Ramin *m.fl.*, 2024). Flexibla och modulära lösningar, där olika reningstekniker som ozonering, membranfiltrering, UV och klorering kombineras, möjliggör anpassning till varierande processkrav och ökar robustheten i vattenhanteringen (Bürger, 2019; Baresel *m.fl.*, 2015).

- Delad tillgång till vattenresurser, såsom återvunnet processvatten, regnvatten och avsaltat havsvatten, kan ytterligare stärka parkens resiliens och minska beroendet av traditionella vattenkällor (Ramin *m.fl.*, 2024; Fuenfschilling och Truffer, 2016). Gemensamma reningsanläggningar och samordnad återvinning av vatten och näringsämnen exempelvis genom biogasproduktion från slam bidrar till ökad resurseffektivitet och minskade utsläpp (Bürger, 2019; Baas och Boons, 2004). Utbyte av processvatten, spillvärme och material mellan aktörer är också en viktig del av den industriella symbiosen och kan skapa ytterligare miljö- och affärsnytta (Gibbs och Deutz, 2007).
- Forskning visar att sådana tekniska och organisatoriska lösningar ofta kräver både teknisk kompatibilitet och institutionellt stöd, samt en kultur av kunskapsdelning och öppenhet mellan aktörerna (Gibbs och Deutz, 2007; Baas och Boons, 2004).

Systemperspektiv och utveckling över tid

- Digitalisering och AI har blivit centrala verktyg för att effektivisera och styra vatten- och resursflöden i EIP. Smarta sensorer och IoT-system möjliggör realtidsövervakning av vattenkvalitet, flöden och

energianvändning, medan AI och digitala tvillingar används för att förutse behov, upptäcka läckor och optimera processer (Dada *m.fl.*, 2024; Siemens, 2024; Syed *m.fl.*, 2024). Genom dessa tekniker kan även dynamisk prissättning och transparent resursallokering införas, vilket skapar incitament för effektivare användning och samverkan mellan aktörer.

- Ett systemperspektiv är avgörande för att säkerställa att miljönytta bedöms för hela nätverket av aktörer, och att vinster och kostnader bedöms fördelas proportionerligt för att främja långsiktigt samarbete (Ruini *m.fl.*, 2025). Kontinuerlig förbättring och ett evolutionärt synsätt rekommenderas, där symbiosen utvecklas dynamiskt över tid och anpassas till förändrade förutsättningar och nya tekniska möjligheter (Ramin *m.fl.*, 2024; Ruini *m.fl.*, 2025).
- För att mäta och synliggöra förbättringar krävs jämförelser med linjära, icke-symbiotiska referensscenarier. Sådana jämförelser har gjorts inom bland annat skogsindustri, kemikalietillverkning, metall, gruvor och byggsektorn, vilket ger värdefulla insikter om symbiosens faktiska effekter (Castellet-Viciano *m.fl.*, 2022).

3.4 Metoder för att mäta miljöpåverkan i en lyckad EIP

Miljöpåverkan i en Eco-Industrial Park (EIP) kan och bör mätas med en kombination av kvantitativa och kvalitativa metoder, där både tekniska och organisatoriska aspekter beaktas.

Kvantitativa metoder

Enligt Ramin *m.fl.* (2024) är livscykelanalys (LCA) en central metod för att kvantifiera miljönytta av vattenåtervinning och synergier mellan aktörer. Materialflödesanalys (MFA) och vattenfotavtryck används för att kartlägga resursflöden och identifiera förbättringspotential. Multiskaliga hållbarhetsbedömningar rekommenderas för att säkerställa att effekter på både industriell och samhällsnivå beaktas. Specifika indikatorer som minskad färskvattenanvändning, reducerade utsläpp och ökad cirkularitet används för att mäta framsteg (Ramin *m.fl.*, 2024). Praktiska exempel på dessa metoder finns i Songmudao (Kina) och Kalundborg (Danmark), där biogas från avloppsslam

används som energikälla och bidrar till minskade utsläpp och avfall (Ramin *m.fl.*, 2024).

Systemperspektiv och rättvis fördelning

Ruini *m.fl.* (2025) betonar vikten av att använda LCA för att jämföra symbiotiska och linjära system, samt att tydligt definiera systemgränser och funktionella enheter för att få rättvisande resultat. De föreslår att miljönytta ska ses som en egenskap av hela nätverket och fördelas proportionerligt mellan aktörerna. Flera miljöindikatorer såsom klimatpåverkan, vattenanvändning, avfall och energi bör användas för att undvika att förbättringar inom ett område leder till försämringar inom ett annat (Ruini *m.fl.*, 2025).

Kvalitativa och holistiska perspektiv

Lombardi och Laybourn (2012) argumenterar för att kvantitativa mätmetoder inte ensamma är tillräckliga som indikatorer på framgång. De menar att miljöpåverkan även bör bedömas genom sociala processer, lärande, innovation och institutionell förändring. Indikatorer som minskad resursanvändning är viktiga, men måste sättas i relation till systemets utveckling över tid. Ett holistiskt synsätt föreslås, där miljöpåverkan inte bara mäts i ton eller liter, utan också i förändrade beteenden och strukturer (Lombardi och Laybourn, 2012).

I nordiska projekt används ofta kvalitetsmätning av utgående vatten (BOD, COD, TSS, N, P, mikrobiologiska parametrar, tungmetaller) samt LCA och MFA för att visa miljönytta och ekonomiska vinster. Sektorspecifik analys och anpassning till internationella riktlinjer (2020/741/EU 2020; WHO 2017, 2022) är vanligt förekommande (Bürger, 2019). Samtidigt betonas vikten av att komplettera dessa kvantitativa indikatorer med kvalitativa utvärderingar, såsom intervjuer, workshops och deltagande observation, för att fånga upp förändringar i samverkan, kunskapsutbyte och innovationsförmåga inom och mellan aktörer i EIP (Lombardi och Laybourn, 2012; Gibbs och Deutz, 2007).

Ett kvalitativt och holistiskt perspektiv möjliggör därmed en mer nyanserad bedömning av EIP:s framgång, där både mätbara resultat och långsiktiga förändringsprocesser inkluderas.

3.5 Förslag på koncept för modern EIP

Utvecklingen av en fungerande vattensymbios på moderna EIP förutsätter inte bara tekniska lösningar och infrastruktur, utan också ett ekosystem av aktörer med kompletterande behov och resurser, som framgår från genomgången av etablerade EIP (se Bilaga 1).

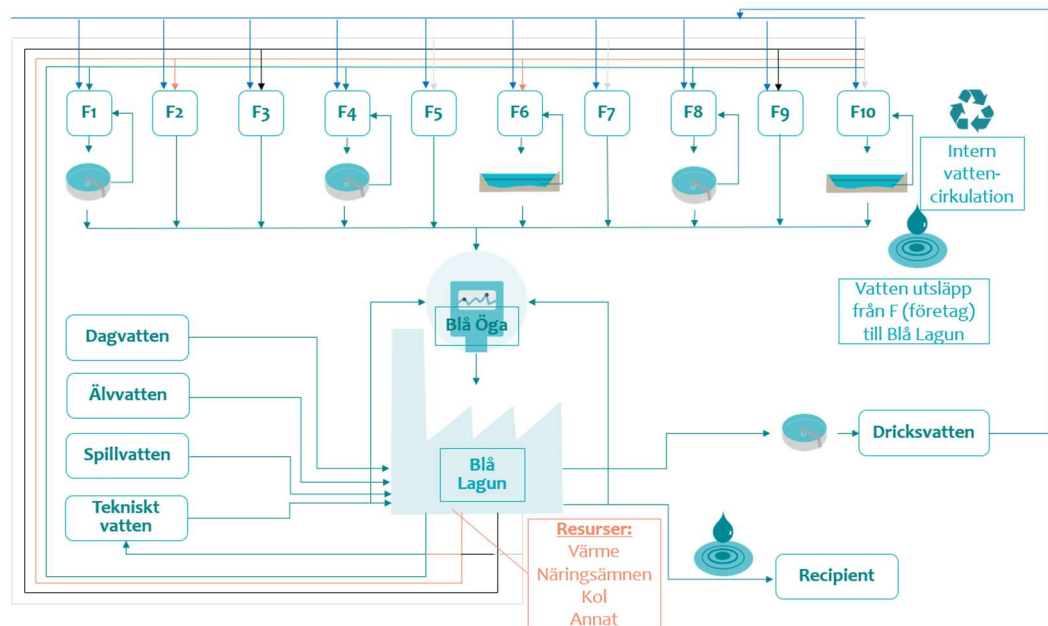
Diskussioner på workshop 1 i AP3. Cirkulär vattenhantering ledde fram till ett övergripande koncept för vattensymbios på EIP, vilket illustreras i Figur 9, som skulle kunna anpassas och konkretiseras till UEIP när det finns en tydlig bild av aktörerna som kommer etableras på området samt en strategisk inriktning för UEIP.

Det framtagna konceptet bygger på principer om intern recirkulation av vatten, både inom enskilda organisationer (F-företag) och mellan olika aktörer i området genom distribution via "Blå Lagun" och kvalitetsmätning via "Blå Öga". Centralt i systemet är en aktör med en reningsanläggning, benämnd "Blå Lagun", som ansvarar för att behandla inkommande vatten samt delar av det cirkulerande vattnet och producerade dricksvatten inom området. Vattnet renas till olika kvalitetsnivåer beroende på de specifika behoven hos användarna, exempelvis tekniskt vatten för processindustri eller enklare kvalitet för kylning. Utöver reningsfunktionen finns också en oberoende aktör, kallad "Blå Öga", vars roll är att övervaka vattenkvalitet och kvantitet. Genom mätning och uppföljning skapas transparens, kontroll och ett rättvist avgiftssystem för olika vattenkvaliteter. Dessutom säkerställs att en viss mängd vatten alltid leds vidare till recipient för att upprätthålla ekologisk balans. Det finns potential att utveckla betalningssystem för vatten som kan baseras på vattenkvaliteten och resursnytta.

Systemet är tänkt att utvecklas stegvis i takt med att fler aktörer etablerar sig. Reningslösningar och kopplingar mellan aktörer kan då anpassas efter faktiska behov och tekniska möjligheter, vilket skapar en flexibel och skalbar infrastruktur för vatten.

För UEIP finns det redan idag etablerade eller planerade verksamheter inom områden som hållbara material, återbruk och återvinning, hållbara bränslen samt forskning och utveckling. Dessa aktörsgrupper utgör en grundstomme i området och har potential att spela en nyckelroll i en framtida cirkulär vattenhantering. Samtidigt finns möjligheter att stärka symbiosen ytterligare genom att attrahera nya typer av verksamheter vars processer kan samspela med befintliga

vattenflöden, antingen som mottagare av återvunnet vatten, som producenter av vattenströmmar med nyttjandepotential, eller genom andra former av synergier.



Figur 9. Framtagen konceptuell skiss för vattenhantering vid EIP, vilket inkluderar cirkulation mellan aktörer, via oberoende granskande aktör (Blå öga) och via ett reningsverk (Blå lagun) som kan rena vatten till olika kvaliteter (Källa: Workshop 1 i AP3 Cirkulär vattenhantering)

Exempelvis skulle en framtida etablering av kemikalieindustri kunna ge upphov till betydande synergier. Det kan handla om produktion av bioplaster, enzymer, polymerer eller andra kemikalier som ofta kräver tekniskt vatten med specifika kvaliteter. Dessa aktörer kan samverka genom att koppla samman deras krav på vattenkvalitet med passande utgående vatten från andra industrier. Dessutom kan restprodukter skapas som kan cirkuleras mellan verksamheter.

En annan möjlig samverkan finns mellan aktörer inom hållbar mat, exempelvis fiskodlingar, växthus, bryggerier eller annan förädling av livsmedel. Sådana verksamheter kan både ta tillvara och generera näringsrika vattenflöden, särskilt med avseende på kväve, fosfor och organiskt material. Genom rätt rening och omfördelning kan dessa ämnen återanvändas i nya produktionskedjor, exempelvis som näringsämne i hydroponisk odling eller som substrat i biogasproduktion. Här skapas inte bara vattenmässiga utan även biologiska och energimässiga symbiosen.

Forskning och utveckling har också en självklar roll i ett symbiosinriktat system och etablering av nya start-ups välkomnas på området. Särskilt relevant är kompetens inom digitalisering, automation och sensorteknik. Smarta sensorer för realtidsövervakning av vattenkvalitet, flöden och temperatur är avgörande för att möjliggöra säkra och dynamiska vattenutbyten mellan olika aktörer och rätt pris för vatten som bytes ut mellan olika verksamheter. Med hjälp av aktörer som satsar på digitala plattformar och AI-baserad analys kan vattensymbiosen optimeras, övervakas och utvärderas kontinuerligt, vilket skapar både miljönytta och processsäkerhet.

För att balansera vattenanvändningen i området bör även torra processer uppmuntras, särskilt i tidiga etableringsfaser där tillgången på cirkulära vattenflöden ännu är begränsad. Torra processer, till exempel tillverkning/reparation av möbler, kläder/textiler, kompositmaterial eller elektronik, har lågt eller inget vattenbehov och kan därmed bidra till ett mer balanserat resursutnyttjande på systemnivå. Deras låga vattenavtryck gör dem till attraktiva komplement i en symbios där våta processer behöver prioriteras vid fördelning av återvunnet vatten.

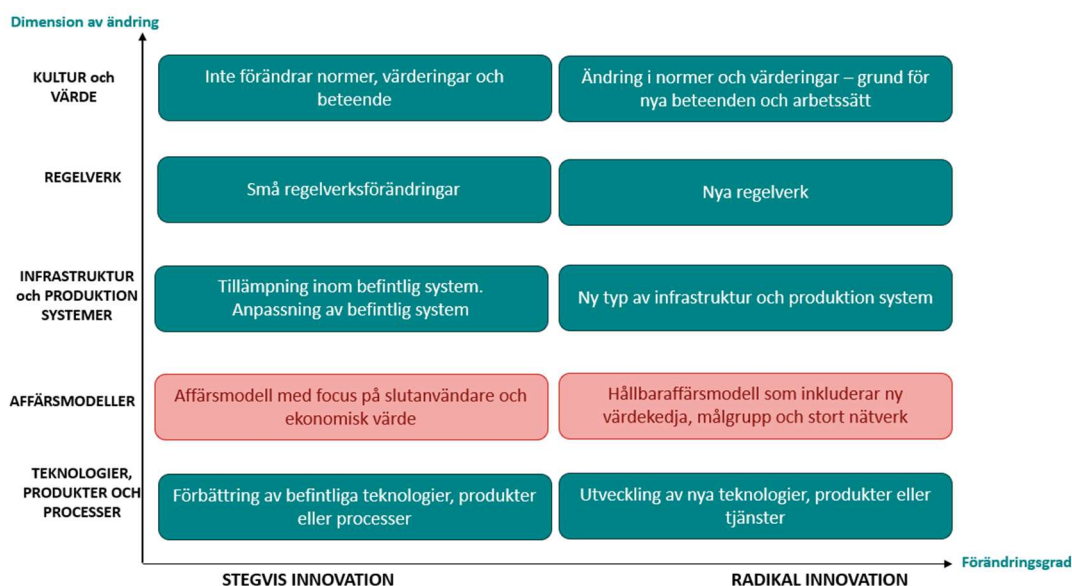
För att samverkan och symbios av vatten, energi, näringsämnen och organiskt material ska bli möjlig krävs en noggrann matchning mellan processernas behov och restflödenas egenskaper. Det är därför viktigt att framtida etableringar sker med hänsyn till sådana kopplingar, och att UEIP aktivt arbetar för att attrahera aktörer som kan bidra till och dra nytta av ett integrerat resursflöde.

3.6 Affärsmodeller

Industriell symbios erbjuder möjligheter för nya affärsmodeller där strömmar som betraktades som avfall kan bli använda på ett eller annat sätt från en annan industri i värdekedja och öppna för nya marknader (Castellet-Viciano *m.fl.*, 2022). Frågan om hur socio-tekniska systemet kan påverkas mot mer hållbar konsumtion och produktion är centralt fokus för många industrier, politiker och samhället (Fuenfschilling och Truffer, 2016).

Implementering av framtaget koncept (Figur 9) på UEIP kommer att kräva förändringar i olika dimensioner enligt den socio-tekniska modellen som är illustrerad i Figur 10. Vattensymbiosen på UEIP kommer att utvecklas genom både stegvis och radikal innovation. Ett exempel på radikal innovation är etableringen av ett helt cirkulärt system där behovet av nytt älvvatten minimeras. Alternativt

kan utvecklingen ske mer stegvis, genom exempelvis en ny älvvattenledning för att tillgodose industrier med högt vattenbehov, parallellt med att andra aktörer deltar i mer avancerad recirkulation.



Figur 10. Socio-teknisk modell som beskriver stegvis och radikal innovation. (Källa: Miedzinski, Mazzucato och Ekins, 2019)

En framtida lösning baserad på kombinationen av dagvatten, älvvatten och spillvatten skulle kräva ny infrastruktur för lagring och distribution en tydlig brytning med dagens linjära hantering av vattenresurser.

"Blå Lagun" är tänkt att agera som teknisk infrastruktur för vattenrening och distribution. Här finns möjlighet att utveckla tjänsteerbjudandet "Vatten som tjänst", inspirerat av system som "Farming as a Service", "Place as a Service" samt det koncept som föreslås för "Blå Öga" nämligen "Sortera/separera som tjänst" (SaaS), som med datadriven övervakning kan säkerställa rättvisa avgifter och transparens.

Att ha en central aktör såsom "Blå Lagun" som ansvarar för vattenhanteringen kan minska riskerna vid förändringar i aktörsstrukturen, t.ex. vid konkurs eller flytt av verksamhet. Samtidigt är det i dagsläget ovanligt med flera vattenkvaliteter där prissättning kan variera, något som kräver utveckling i både praxis och regelverk. Dessutom medför det föreslagna konceptet en utmanande och kostsam

infrastruktur, med ett flertal ledningar i mark och byggnader. Konceptet är dock ett tydligt steg mot radikal innovation i hur vi förstår, använder och värdesätter vatten. Det har potential att bana väg för framtida industriell symbios med höga ambitioner för resurseffektivitet och hållbarhet.

4 Slutsatser och framtida arbete

Att etablera system för intern recirkulation där vatten anpassas till olika kvalitetskrav och skickas vidare mellan verksamheter kräver stor planeringsmässig och teknisk insats. Här spelar det framtagna konceptet, med exempelvis "Blå Lagun" och "Blå Öga", en central roll. Dessa funktioner möjliggör en flexibel och kontrollerad hantering av vatten med olika kvalitet, vilket är avgörande för att skapa ett robust system där resurser och kostnader optimeras. För att vattensymbiosen ska kunna realiseras behövs en detaljerad kartläggning av varje aktörs vattenbehov och vattenflöden. Detta bör integreras som en naturlig del av etableringsprocessen inom EIP. Information om exempelvis vattenkvalitet, kvantitet och temperatur måste tydliggöras, både för inkommande och utgående vatten, för att det ska vara möjligt att identifiera matchningar och synergier mellan olika aktörer.

Som visats i rapportens omvärldsanalys är synergier mellan vatten, näring och värme/energi ofta nyckeln till lyckad industriell symbios. UEIP har stor potential inom detta område, särskilt genom möjliga kopplingar till exempelvis biogasanläggningar, växthusproduktion eller akvakultur. Ett integrerat system där spillvärme, näringsrikt vatten och restflöden tas tillvara kan ge betydande miljömässiga och ekonomiska vinster. Dragning av ledningsnät för vattensymbiosen bör konkretiseras i ett tidigt skede, för att kunna samordna detta med övriga infrastrukturprojekt och därmed minska kostnaderna.

Sammantaget visar projektet att det krävs ett brett och integrerat synsätt på vattenfrågan vid UEIP, där både tillförsel av vatten till området och de interna flödena hanteras som en del av ett sammanhängande, cirkulärt system. Framtida insatser bör ta ett helhetsgrepp där teknik, affärsmodeller, reglering och aktörssamverkan utvecklas parallellt för att skapa ett hållbart och framtidssäkrat vattenhanteringssystem.

Referenser

2020/741/EU. 2020. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/741/oj/eng>.

Baresel, Christian, Lena Dahlgren, Aleksandra Lazic, Alexis de Kerchove, Mats Ek, Mila Harding, Elin Ottosson, Jesper Karlsson, Ann-Sofie Allard, Jörgen Magnér, Hélène Ejhed, och Anders Björk. 2015. *Reuse of Treated Wastewater for Non- Potable Use (ReUse). IVL B rapport*.

Bürger, Greta. 2019. "Reuse of Treated Wastewater in Industrial Symbiosis". Master Thesis.

Castellet-Viciano, Lledó, Vicent Hernández-Chover, Águeda Bellver-Domingo, och Francesc Hernández-Sancho. 2022. "Industrial Symbiosis: A Mechanism to Guarantee the Implementation of Circular Economy Practices". <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/23/15872>.

Dada, Michael Ayorinde, Michael Tega Majemite, Alexander Obaigbena, Onyeka Henry Daraojimba, Johnson Sunday Oliha, och Zamathula Queen Sikhakhane Nwokediegwu. 2024. "Review of Smart Water Management: IoT and AI in Water and Wastewater Treatment". <https://wjarr.com/content/review-smart-water-management-iot-and-ai-water-and-wastewater-treatment>. Fuenfschilling, Lea, och Bernhard Truffer. 2016. "The interplay of institutions, actors and technologies in socio-technical systems — An analysis of transformations in the Australian urban water sector". <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162515003868>.

Höganäs. u.å. "Förvandla regnvatten till en resurs". Hämtad 13 juni 2025. <https://www.hoganas.com/sv/sustainability/environmental-impact/turning-rainwater-into-a-resource/>.

Imdaad. u.å. "Waste Water Treatment in the UAE". Hämtad 13 juni 2025. <https://resources.imdaad.ae/insights/waste-water-treatment-in-the-uae>.

Kimoslav, Axel, och Stari Marchant. 2019. "Water Management from a Circular Economy Perspective : Industrial Symbiosis Case Studies". Master of Science, Politecnico Milano, Milano.

Lombardi, Rachel, och Peter Laybourn. 2012. "Redefining Industrial Symbiosis; Journal of Industrial Ecology". <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x>.

Marchant, Stari, och Axel Kimoslav. 2019. "Water Management from a Circular Economy Perspective : Industrial Symbiosis Case Studies". <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/151095>.

Munné, Antoni, Carolina Solà, Elisabet Ejarque, Josep Sanchis, Pere Serra, Irene Corbella, Mercé Aceves, Belen Galofré, M. Rosa Boleda, Miquel Paraira, och Jordi Molist. 2023. "Indirect potable water reuse to face drought events in Barcelona city. Setting a monitoring procedure to protect aquatic ecosystems and to ensure a safe drinking water supply - ScienceDirect".

- Oughton, C., M. Anda, B. Kurup, och G. Ho. 2021. "Water Circular Economy at the Kwinana Industrial Area, Western Australia—the Dimensions and Value of Industrial Symbiosis". *Circular Economy and Sustainability* 1(3):995–1018. doi:10.1007/s43615-021-00076-3.
- Patric Elmén. 2021. "Lantmännen Agroetanol och E.ON tecknar miljardavtal – samarbete kring cirkulär ekonomi i Norrköping | E.ON Sverige AB". <https://via.tt.se/pressmeddelande/3304981/lantmannen-agroetanol-och-eon-tecknar-miljardavtal-samarbete-kring-cirkular-ekonomi-i-norrkoping?publisherId=1035173>.
- Ramin, Elham, Lourenço Faria, Carina L. Gargalo, Pedram Ramin, Xavier Flores-Alsina, Maj M. Andersen, och Krist V. Gernaey. 2024. "Water Innovation in Industrial Symbiosis - A Global Review". *Journal of Environmental Management* 349:119578. doi:10.1016/j.jenvman.2023.119578.
- Ruini, Anna, Fabio Sporchia, Valentina Niccolucci, Federico M. Pulselli, och Simone Bastianoni. 2025. "Rethinking Environmental Benefit Allocation in Industrial Symbiosis". *Science of The Total Environment* 992:179932. doi:10.1016/j.scitotenv.2025.179932.
- SCB. 2021. "Industrins vattenanvändning". <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/vattenanvandning/vattenuttag-och-vattenanvandning-i-sverige/pong/statistiknyhet/industrins-vattenanvandning-2020-uttag-anvandning-och-utslapp-av-vatten-i-industrisektorn/>.
- Schramm, Engelbert, Dennis Becker, och Michaela Fischer. 2020. "Advanced processed wastewater for different uses: constellations favouring future implementation of a multimodal water reuse concept". *Journal of Water Reuse and Desalination* 10(4):284–300. doi:10.2166/wrd.2020.043.
- Siemens makes it easier for water utilities to benefit from artifi ... 2024. <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-makes-it-easier-water-utilities-benefit-artificial-intelligence>.
- Syed, Toqeer Ali, Munir Azam Muhammad, Abdul Aziz AlShahrani, Muhammad Hammad, och Muhammad Tayyab Naqash. 2024. "Smart Water Management with Digital Twins and Multimodal Transformers: A Predictive Approach to Usage and Leakage Detection". *Water* 16(23):3410. doi:10.3390/w16233410.
- Symbioscentrum. 2024. "Industriell symbios i Sotenäs". <http://www.symbioscentrum.se/symbiosutveckling/industriellsymbiosisotenas.4.2328e976160ddeefff24828d.html>.
- Water and Circular Economy: A White Paper, 2019, Arup, Antea Group, Ellen Macathur Foundation. u.å.
- WBCSD. 2016. "World Cities Report 2016: Urbanization and development". <https://www.dutchwatersector.com/news/arcadis-contributes-to-wbcds-business-guide-on-circular-water-management>.
- WHO. 2017. "Potable reuse". <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512770>.

WHO. 2022. "Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First and Second Addenda".
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>.

World Bank. 2021. International Framework for Eco-Industrial Parks v.2. Washington, DC: World Bank. u.å.

Bilaga 1 Industriella parker

I Bilaga 1 presenteras fallstudier från Sverige och internationellt som illustrerar olika tillämpningar av cirkulär vattenhantering. Exempler omfatta både användning av alternativa vattenkällor, det vill säga andra än kommunalt dricksvatten, samt system där vatten återvinns antingen internt inom en verksamhet eller genom samverkan mellan flera olika aktörer.

1. Nationella EIP

a. Händelö EIP

Händelö EIP i Norrköping utgör ett exempel på industriell symbios där energiföretag och processindustrier samverkar kring resurseffektivitet och cirkulära lösningar. Ett centralt samarbete inom området är det långsiktiga partnerskapet mellan E.ON och Lantmännen Agroetanol (Patric Elmén, 2021).

Grunden för symbiosen är ett utbyte av termisk energi. E.ON:s kraftvärmeverk producerar hållbar processånga som levereras till Lantmännen Agroetanols produktionsanläggning (Patric Elmén, 2021). Ångan är en nödvändig komponent i förädlingen av spannmål och restprodukter till biodrivmedelsetanol, men även till andra produkter såsom djurfoder, kolsyra och gödsel. Etanolen som produceras har upp till 98 procent lägre klimatpåverkan än fossil bensin, där ångleveransen utgör en viktig del. Detta avtal omfatta 500 GWh ånga per år, motsvarande cirka hälften av det årliga fjärrvärmebehovet i en stad av Norrköpings storlek.

Samarbetet bygger inte bara på teknisk kompatibilitet utan även på en gemensam värdegrund kring hållbarhet (Patric Elmén, 2021). Båda företagen betonar vikten av långsiktighet, förnybar energi och cirkulära principer i sin verksamhet.

b. Sotenäs kommun

I Sotenäs kommun, Västra Götaland, har industriell symbios utvecklats genom samverkan mellan livsmedelsproduktion, biogasproduktion och vattenrening (Symbioscentrum 2024). Symbiosen är baserad på sjömatindustrin som producerar stora mängder organiskt avfall, vilket röts lokalt och ger energi som går tillbaka till industriområdet. På liknande sätt har sjömatindustrin ett processvatten som renas lokalt och där restprodukter från reningen går till biogasproduktionen. Från biogasproduktionen tas resterna vara på och går till ett lokalt lantbruk för odling.

2. Internationella EIP

a. Kalundborg, Danmark

I Kalundborg utvecklades en industriell symbios under början på 1960-talet, som en spontan process där företag i området inledde samarbeten för att optimera resursanvändningen (Domenech Aparisi, 2010). Ett centralt drivmedel var vattenbrist i regionen, vilket tvingade industrier att hitta alternativa lösningar för vattenförsörjning. Det första symbiosprojektet initierades av ett raffinaderi som behövde stora mängder kylvatten. Den kommunala vattenförsörjningen var otillräcklig, så raffinaderiet finansierade en pipeline från en närliggande sjö, vilken kommunen sedan återbetalade genom att leverera vatten.

Över tid utvecklades fler kopplingar mellan företag i Kalundborg (Domenech Aparisi, 2010). Exempelvis började en läkemedelsorganisation använda ytvatten i stället för grundvatten för kylning, och kylvatten från raffinaderiet återanvändes som matarvatten i kraftverkets ångpannor. Behandlat avloppsvatten från raffinaderiet användes också av kraftverket för processer med lägre vattenkvalitetskrav.

En annan viktig aspekt var utvecklingen av en gemensam infrastruktur för vatten och ånga, vilket bidrog till att sammanlänka industrierna både fysiskt och organisatoriskt (Domenech Aparisi, 2010). Samtidigt uppmuntrade Danmarks flexibla regleringsram samarbete mellan företag och myndigheter, vilket underlättade införandet av innovativa lösningar. Idag omfattar symbiosen ett flertal aktörer, där vattenflödena inkluderar ytvatten, processvatten, kylvatten och behandlat avloppsvatten. Kalundborgs industriella symbios har lett till betydande minskning i användningen av ca två miljoner m³ per år grundvatten och ca en

miljon m³ per år ytvatten utöver mer effektiv materialhantering samt minskade CO₂ utsläpp med 275 000 ton per år (Castellet-Viciano *m.fl.*, 2022).

b. Sagunto, Spanien

Staden Sagunto växte i början av 1900-talet fram kring en stor stål- och metallindustri (Domenech Aparisi, 2010). Industrisystemet var initialt centrerat kring en masugn, vilket möjliggjorde utbyte av biprodukter inom sektorn. Under 1980-talet genomgick industrin en omstrukturering, och masugnen lades ner, vilket ledde till en diversifiering av näringslivet mot kemikalieproduktion, cementindustri och leverantörsindustri för fordonssektorn.

Saguntos industriella symbios är fortfarande i ett utvecklingsstadium, där endast ett begränsat antal resursutbyten är etablerade (Domenech Aparisi, 2010). Regelverksförändringar och en mer individualistisk affärskultur har hämmat samarbetet mellan företagen. Symbiosen fokuserar främst på utbyten av materialbiprodukter, såsom återvinning av syra och zink, återanvändning av skrotmetall och försäljning av flygaska till cementindustrin.

Vatten används främst inom metallindustrin för kylning och rengöring, men det finns utmaningar kopplade till föroreningar från oljor och tungmetaller i avloppsvattnet (Domenech Aparisi, 2010). Ett av de viktigaste pågående symbiosprojekten är det gemensamma användandet av ett reningsverk mellan flera industrier, vilket möjliggör intern återcirkulering av vatten.

c. NÖ-Sud, Österrike

NÖ-Sud industriella parken etablerades 1962 i Österrike där symbios mellan livsmedel och dricker, aluminium- och stålkonvertering, energi, miljöservis och logistik uppkommer. Det finns en gemensam infrastruktur och avloppsvattenreningsverk på. Många förbättringar och nya implementeringar på parken har bidragit till utvecklingen för uppgradering till EIP (World Bank, 2021).

d. Izmir Ataturk Industriell Zon, Turkiet

Izmir Ataturk Industriella Zon invigdes 1990 och är på omställningsväg till EIP och ökad symbios mellan industrierna på området: maskin-metallgjutning, plaster, livsmedel och dricker, textil, kläder och kemikalier. Vattenhanteringen till området

och avloppsvatten hanteras centralt och alla företag på området är anslutna till vatten infrastrukturen (World Bank, 2021).

e. Industriell symbios i Kina

Hai Hua Ecological Industry Pilot Zone (HHEIPZ) i Weifang, Kina, är en av landets största marina kemikalieproduktionszoner och har varit i drift sedan 1995 (Marchant och Kimoslav, 2019). Industrisymbiosen i området bygger på återanvändning av vatten och biprodukter mellan olika kemikalieindustrier. En bromfabrik levererar sitt processvatten till ett saltfält, medan soda- och kalciumkloridfabriker skickar sitt vatten till ett termiskt kraftverk, där det används som kylvatten. Efter att ha cirkulerat genom kraftverket leds vattnet vidare till havsodlingar och återförs till havet. För att minska behovet av sötvatten används även avsaltat havsvatten i produktionsprocesserna. I industriområdet sker därmed ingen omfattande vattenrening innan återanvändning, utan vattnet leds direkt från en process till en annan beroende på kvalitetskrav och användningsområde.

På liknande vis finns återanvändning av vatten mellan industrier i Songmudao Chemical Industrial Park (SCIP) i Dalian (Marchant och Kimoslav, 2019). Där ett kemikluster utvecklades efter att industrier i området tvingades omlokalisera på grund av stadens expansion. Här är vattenåtervinning en central del av symbiosen, där ammoniakfabriken levererar sitt processvatten till sodafabriken. Samtidigt återanvänder ammoniumnitratfabriken vatten från kraftvärmeverket, vilket möjliggör en effektiv produktion av gödsel. Kraftverket i sin tur använder vatten från ammoniakproduktionen för kylning innan det leds vidare till sodafabriken.

Ett ytterligare exempel är Rizhao Economic and Technology Development Area (REDA), beläget i Shandong-provinsen, som grundades 1991 och har utvecklat en av Kinas mest komplexa vattenåtervinningssystem (Marchant och Kimoslav, 2019). Behandlat avloppsvatten från Rizhao Sewage Treatment Plant används i flera industriprocesser. Pappersbruket och textilfabrikerna använder det renade vattnet för framställning av massa och textilier, medan det termiska kraftverket återanvänder det i sina kylsystem. Även stålverket är integrerat i vattenflödena och levererar sitt processvatten till pappersindustrin, där det används för att förbereda träfiber. Här är vattenrening en nödvändig del av symbiosen, då avloppsvattnet måste behandlas innan det kan användas i olika processer.

Yongcheng Economic Development Zone (YEDZ) i Henan är ett energiintensivt industriområde där vattenåtervinning är en nyckelstrategi för att minska

belastningen på färskvattenresurser (Marchant och Kimoslav, 2019). Här behandlas både kommunalt avloppsvatten och gruvvatten i ett reningsverk innan det distribueras till kemiska fabriker och järnverk. Kraftverket använder det renade vattnet för kylning och levererar samtidigt spillvärme till närliggande industrier. Metanolfabriken i området återanvänder processvatten från järnverket, vilket ytterligare minskar vattenförbrukningen och säkerställer en effektiv resursanvändning i hela industrizonen. Vattenrening spelar en central roll i YEDZ, eftersom flera vattenkällor, inklusive gruvvatten, måste behandlas innan de kan återanvändas inom industrin.

f. Ulsan Mipo och Onsan Industriell park, Sydkorea

Industriella parken Ulsan Mipo och Onsan etablerades 1962 och bland industrierna som finns där är bil- och fartygtillverkning, olja raffinaderier, maskiner, metaller, gödsel och kemilertillverkare. Parken har uppgraderats till EIP i tre etapper som avslutade i 2016 och lede till minskning av avloppsvatten bland andra positiva effekter som minskad energikonsumtion, avfall och CO₂. På parken finns också forskning och utveckling verksamhet som bidrar till kontinuerliga förbättringar och ökad industriell symbios (World Bank, 2021).

g. Kwinana, Australien

Kwinana Industrial Area i västra Australien är ett av världens främsta exempel på industriell symbios, där över 150 dokumenterade utbyten av produkter och biprodukter sker mellan företag. Inom vattenområdet har Kwinana utvecklat avancerade system för återanvändning och cirkulering av processvatten. Genom vattenrevisioner och tekniska förbättringar har industrin minskat sin vattenförbrukning betydligt, bland annat genom återanvändning av regnvatten och förbättringar av kylsystem. Kwinana Water Reclamation Plant (KWRP) producerar årligen cirka fem miljoner kubikmeterprocessvatten från behandlat avloppsvatten, vilket används av industrin istället för att släppas ut i havet. Ett större projekt för att öka tillgången på processvatten via så kallad Managed Aquifer Recharge (MAR) där behandlat avloppsvatten infiltreras i grundvattnet genomfördes till fasen för teknisk och ekonomisk utvärdering, men stoppades på grund av regulatoriska riskbedömningar. Sammantaget har Kwinana visat hur samverkan, teknikutveckling och styrning kan skapa en cirkulär vattenekonomi i ett komplext industriområde, även om vissa hinder kvarstår kring styrning och riskdelning. (Oughton *m.fl.*, 2021).

h. Hoa Khanh Industriell Zon, Vietnam

Hoa Khanh Parken etablerades 1996 där ca 170 företag befinner sig och affären sker genom leasingkontrakt. Parken har ambition att uppgraderas till EIP och har pågående relevanta projekt för att möjliggöra det för att öka symbiosen mellan de befintliga industrierna såsom mekaniska verkstäder, livsmedel, konstruktionsmaterialet och elektronik. Avloppsvattenreningen på parken är centraliserad med kapacitet på kemisk-biologisk reningsprocess på 5000 m³/dag (World Bank, 2021).

i. Avsaltning av havsvatten och återvinning av avloppsvatten i Förenade Arabemiraten

Förenade Arabemiraten har en av världens högsta vattenförbrukningar per person, samtidigt som tillgången på naturligt sötvatten är mycket begränsad (Imdaad, u.å.). Idag baseras vattenförsörjningen till stor del på grundvatten och avsaltat havsvatten, båda metoder med hög energiförbrukning och långsiktig osäkerhet. Återanvändning av avloppsvatten är däremot fortfarande låg, trots att tekniken finns och behovet är stort. Dock är ambitionen att återanvända 100% av renat avloppsvatten till 2030.

I Abu Dhabi har man identifierat behovet av förändring (Imdaad u.å.). Nya initiativ syftar till att öka återanvändningen av avloppsvatten, bland annat genom satsningar på avancerade reningsverk. Även i Dubai pågår arbete för att effektivisera användningen av industriellt och kommunalt spillvatten, där särskilda anläggningar samlar in, behandlar och cirkulerar vatten för användning i exempelvis bevattning eller industriprocesser.

Trots tillgång till avancerad reningsteknik används ofta dricksvatten för ändamål där enklare vatten hade räckt, vilket tyder på att beteendeförändringar och styrmedel också behövs.

j. ALEAP Grön Industriell Park i Telangana, Indien

Parken utvecklas med offentlig finansiering som delas ut till kvinnliga entreprenörer. Idag finns mer än 170 etableringar med banbrytande teknik som inkluderar satsningar på förnybar energi och miljöteknik och som leds av kvinnor. Infrastrukturen på parken inklusive den för vatten och avloppsvatten är

centraliserad, men det finns också decentraliserad tertiär behandling av vatten där viss biologisk och kemisk kvalitet på vatten behövs (World Bank, 2021).

k. West Basin, USA

Genom multimodal vattenrening, där ett reningsverk producerar flera olika vattenkvaliteter, har den långvariga vattenbristen i West Basin, Kalifornien, kunnat hanteras (Schramm, Becker, och Fischer, 2020). Under 1990-talet etablerades ett avancerat reningssystem bestående av fyra anläggningar, som idag producerar cirka 150 000 m³ återvunnet vatten per dag för olika ändamål.

Den grundläggande reningen inkluderar flockning, ultrafiltrering (UF), adsorption och desinfektion, vilket ger ett vatten som främst används för industriell kylning och bevattning (Schramm m.fl. 2020). Vidare rening genom omvänd osmos (RO) producerar barriärvatten för att förhindra saltvatteninträngning i grundvattenakviferer. Ett annat alternativ är kväverening av det grundläggande vattnet, vilket resulterar i ett kylvatten anpassat för industriella system. För processer med högre kvalitetskrav genomgår vattnet nitrifikation i kombination med mikrofiltrering (MF) och RO, vilket ger ett vatten som används som matarvatten till tryckpannor.

Trots att de industriella kunderna har specifika vattenkrav har dessa behov kunnat tillgodoses genom ett fåtal vattenkvaliteter (Schramm m.fl., 2020). Den största andelen av det återvunna vattnet används inom industrin, följt av barriärvatten för grundvattenskydd och bevattning av grönområden.

l. Mogi das Cruzes, Brasilien

Höganäs industriområde i Mogi das Cruzes har implementerat en lösning för att återvinna regnvatten och minska behovet av färskvatten i produktionen (Höganäs, u.å.). Ett vattenreningsverk har byggts för att samla, lagra och filtrera regnvatten från de stora takytorna på fabriken. Genom ozongenerering och zeolitfiltrering behandlas vattnet innan det används i produktionsprocesserna.

Reningsverket har en lagringskapacitet på 300 kubikmeter och kan återanvända cirka 43 000 kubikmeter vatten per år, vilket minskar belastningen på grundvattentillgången och sparar energi motsvarande upp till 2,5 ton koldioxidutsläpp från vattenpumpning (Höganäs u.å.). Under de första månaderna

producerades nästan 300 kubikmeter återvunnet vatten, vilket bidrog till en minskad användning av grundvatten.

Projektet, som utvecklades internt av företagets processingenjörer i samarbete med externa leverantörer, är ett exempel på hur industriområden kan utnyttja dagvatten som resurs och därmed minska sin påverkan på lokala vattenresurser (Höganäs, u.å.).

m. PIMSA Industriell park Malambo SA, Colombia

På PIMSA parken etablerades ca 30 företag inom tillverkningsindustri, såsom stål, batteri, livsmedel och kemikalier tillverkning. EIP bedömning gjordes, som resulterade till identifierade möjligheter för uppgradering till EIP inklusive åtgärder relaterade till vattenhanteringen på området (World Bank. 2021).

STOCKHOLM

Box 21060, 100 31 Stockholm

GÖTEBORG

Box 53021, 400 14 Göteborg

MALMÖ

Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

KRISTINEBERG

**(Center för marin forskning och
innovation)**

Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

SKELLEFTEÅ

Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

BEIJING, CHINA

Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se