



SLUTRAPPORT

Utveckling och demonstrering av en ny resurseffektiv vattenreningsteknik

Prototyputveckling och pilottester av en elektrokemisk teknik, för sänkta utsläpp av giftigt kvicksilver från industriella avloppsvatten.

Johan Björkquist, Atium AB

**RE:
SOURCE**

resource-sip.se

Slutrapport för projekt: Utveckling och demonstrering av en ny resurseffektiv vattenreningsteknik

Engelsk titel: Development and demonstration of a new resource-efficient water treatment technology

Projektperiod: 2022-09-01 – 2024-12-31

Datum: 2025-01-31

Projektnummer: P2022-00366

Diarienummer: P2022-00366

Projektledare: Johan Björkquist

Organisation: Atium AB

Adress: Stena Center, 41292 Göteborg

Nyckelord: 5–7 st: Vattenrening, elektrokemi, kvicksilver, tungmetaller, återvinning, tandvård, kemikalieproduktion.

RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram och finansieras av

VINNOVA



FORMAS ::

Förord

Projektet har finansierats av Energimyndigheten, Vinnova, Formas och Atium. Projektet vill tacka medverkande från Chalmers Tekniska Högskola, MRT System, Stena Recycling, Folktandvården Västmanland och alla deltagande pilotpartners för gott samarbete.

Innehåll

1. Sammanfattning	5
2. Summary	7
3. Inledning och bakgrund	9
4. Genomförande	11
5. Resultat och diskussion	13
6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg	23
7. Publikationslista	25
8. Projektkommunikation	26
9. Referenser	28
10. Bilagor	Error! Bookmark not defined.
11. Noter	Error! Bookmark not defined.

1. Sammanfattning

Detta projekt adresserar problemet med kvicksilverförorening i vatten, en allvarlig miljö- och hälsorisk. Kviksilver, som är klassat som en av de 10 mest hälsofarliga kemikalierna enligt WHO, släpps ut från olika typer av industriella processer och tandvårdskliniker till vatten, där det ackumuleras i ekosystem och når människor framförallt via den fisk vi äter. Startup-bolaget Atium har utvecklat en elektrokemisk teknik för selektiv rening av vatten från kvicksilver, med målet att erbjuda ett mer effektivt och hållbart alternativ till konventionella vattenreningsmetoder.

Befintliga lösningar, såsom adsorption, jonbyte och kemisk fällning, har stora brister: de är ineffektiva vid låga kvicksilverhalter, kräver mycket underhåll och genererar stora mängder farligt avfall. Atiums teknik erbjuder ett effektivt, hållbart och skalbart alternativ.

Viktiga resultat

- Lyckade tester: Prototyper baserade på tekniken konstruerades och validerades vid fyra tandvårdskliniker och tre industriella pilotförsök, med hög effektivitet i kvicksilveravskiljning.
- Betydande kvicksilverreduktion: Avlägsnade 19 miljoner mikrogram (19 g) kvicksilver från tandvårdsavloppsvatten under 12 månader.
- Skalbarhet och robusthet: Systemet fungerade utan underhåll i över ett år, med endast ett mindre korrosionsrelaterat problem som nu har åtgärdats.
- Patent och kommersiell mognad: En patentansökan har skickats in, och tandvårdsprototypen har avancerat från TRL 4 till 7, nära marknadslansering. Industriprototypen har nått TRL 5.
- Hållbarhetspåverkan: Tekniken möjliggör efterlevnad av striktare regler och förhindrar att miljontals liter vatten förorenas.



Figur 1. Bild på en av prototyperna som testats i fält.

Nästa steg

1. Kommersialisering: Slutföra CE-certifiering och lansera tandvårdsprodukten brett.
2. Industriell uppskalning: Utöka pilottester inom gruv-, kemi- och återvinningsindustrin.
3. Marknad och medvetenhet: Marknadsföra tekniken via vetenskapliga publikationer, branschrapporter och mässor (t.ex. SweDental, AquaTech, IFAT).
4. Hållbarhet och reglering: Samarbeta med beslutsfattare för att etablera nya standarder för kvicksilveravskiljning i avloppsvatten.

Slutsats

Atiums innovativa vattenreningsteknik har visat sig vara effektiv, skalbar och kommersiellt genomförbar. Genom att reducera kvicksilverutsläpp erbjuder den en effektiv lösning för tandvårdskliniker och industriella applikationer, vilket på sikt bidrar till en mer hållbar och giftfri vattenmiljö globalt.

2. Summary

This project addresses the issue of mercury contamination in water, a serious environmental and health risk. Mercury, classified by the WHO as one of the ten most hazardous chemicals to human health, is released into water from various industrial processes and dental clinics, where it accumulates in ecosystems and primarily reaches humans through the fish we consume. The startup company Atium has developed an electrochemical technology for the selective removal of mercury from water, aiming to provide a more efficient and sustainable alternative to conventional water purification methods.

Existing solutions, like adsorption, ion exchange, and chemical precipitation, have major drawbacks: they struggle with low mercury concentrations, require frequent maintenance, and generate secondary waste. Atium's solution offers a low-maintenance, energy-efficient, and scalable alternative.

Key Achievements

- **Successful testing:** The technology was validated in four dental clinics and three industrial pilot tests, showing high mercury removal efficiency.
- **Significant mercury reduction:** Removed 19 million micrograms (19 g) of mercury from dental wastewater over 12 months.
- **Scalability and robustness:** The system functioned maintenance-free for over a year, with only one minor issue related to corrosion, which has been resolved.
- **Patent and commercial readiness:** A patent was filed, and the dental prototype progressed from TRL 4 to 7, nearing market launch. The industrial prototype advanced to TRL 5.
- **Sustainability impact:** The system enables compliance with stricter regulations, prevents millions of liters of contaminated water from polluting ecosystems, and reduces reliance on disposable filters.



Figure 2. Picture of one of the prototypes that has been piloted in the field.

Future Steps

1. Commercialization: Finalizing CE certification and launching the dental product for widespread adoption.
2. Industrial scaling: Expanding real-world testing in industries like mining, chemical processing, and recycling.
3. Market and awareness: Promoting the solution through scientific publications, industry white papers, and global trade fairs (e.g., SweDental, AquaTech, IFAT).
4. Sustainability and regulation: Working with policymakers to set new standards for mercury removal in wastewater treatment.

Conclusion

Atium's innovative water purification technology has proven effective, scalable, and commercially viable. By reducing mercury emissions, it offers a game-changing solution for dental clinics and industrial applications, supporting a more sustainable and toxin-free water system globally.

3. Inledning och bakgrund

Projektet syftar till att bidra till att lösa ett allvarligt miljö- och hälsoproblem: kvicksilverförorening i vatten. Kviksilver är en av de mest giftiga kemikalierna för både människor och miljö, enligt WHO. Trots att användningen av kvicksilver har minskat globalt fortsätter det att släppas ut från industriella processer, exempelvis gruvdrift, kemikalieproduktion, avfallsbehandling, energiutvinning och tandläkarkliniker. Årligen uppskattas cirka 600 ton kvicksilver frigöras i vatten globalt, vilket bioackumuleras i ekosystem och når människor genom fisk och skaldjur (UNEP). Startup-företaget Atium har utvecklat en ny teknik för selektiv rening av vatten från kvicksilver, baserad på Björn Wickmans forskning inom elektrokemi vid Chalmers Tekniska Högskola. Projektet har haft som syfte att tackla en av de största och mest kritiska utmaningen i utvecklings- och kommersialiseringsprocessen av tekniken; att demonstrera att den kan appliceras som en effektiv och funktionell produkt i en relevant operationell miljö, samt att tekniken har signifikanta fördelar jämfört med konventionella produkter.

Befintliga metoder för att ta bort kvicksilver från vatten, såsom adsorption, membranfiltrering, jonbytare och kemisk fällning, har betydande brister. Dessa metoder är ofta ineffektiva vid låga kvicksilverkoncentrationer, genererar stora mängder sekundärt avfall och kan kräva kemiska tillsatser för att fungera. En ytterligare utmaning är att tekniker som jonbytare och adsorption ofta kräver externa pumpar för att kunna cirkulera vatten genom systemet, då de bygger på att pressa vattnet genom en packad bädd, vilket medför högre energikostnader och komplicerar installationen. Detta gör dem opraktiska i mindre tillämpningar där pumpar och regelbundet byte av filter-/jonbytarmassor inte är rimligt.

Inom området för vattenrening är det välkänt att kvicksilver är en av de mest giftiga metallerna och att det utgör en betydande utmaning för både miljön och människors hälsa. Tandvårdskliniker är en särskilt problematisk sektor, eftersom amalgam som används i fyllningar innehåller cirka 50 % kvicksilver. För att minska utsläpp av kvicksilverpartiklar är tandvårdskliniker skyldiga att använda amalgamavskiljare som kan fånga upp fasta amalgampartiklar. Dessa system är dock inte utformade för att fånga upp vattenlösta former av kvicksilver, vilket står för omkring 10-25% av den totala mängden kvicksilver som släpps ut och som enkelt passerar genom avskiljarna och ut i avloppssystemet. Det leder till att tandläkarkliniker ofta har drastiskt mycket högre kvicksilverutsläpp, i flera fall över hundra gånger högre koncentration, än vad industriella aktörer har tillstånd för.

För närvarande saknas det lämpliga tekniker för att specifikt hantera vattenlöst kvicksilver i avloppsvatten från tandvårdskliniker. Existerande tekniker, såsom jonbytare och membranfiltrering, kräver ofta betydande underhåll och externa pumpar för att fungera, vilket ökar kostnader och komplexitet. Dessutom är dessa lösningar mindre praktiska för mindre anläggningar som tandvårdskliniker, där krav på enkelhet, lågt underhåll och minimal energiåtgång är avgörande. Detta lämnar ett gap i marknaden och en pågående miljöutmaning som behöver adresseras.

Kvicksilver är klassat som en av de tio mest hälsofarliga kemikalierna för människors allmänhälsa enligt WHO, men trots att användning av kvicksilver i stort är förbjudet och fasades ut ur flera produkter på 90-talet så finns det fortfarande i en rad industriella processer och produkter. Kvicksilver som släpps ut i naturen sprids enkelt i luft och vatten och bioackumuleras i näringskedjan, varefter det når människor främst genom den fisk vi äter. Över hälften av Sveriges insjöar har så höga kvicksilverhalter i fisken att kvinnor som är eller planerar bli gravida avråds från att äta den. Det är ett problem som är många gånger större i delar av världen där fisk är en mer central del av dieten. När kvicksilver når kroppen så påverkar det flera vitala organ, men det är framförallt farligt för unga och ofödda barn då det kraftigt påverkar hjärnans utveckling i de tidiga stadierna.

Ett överflöd av kvicksilver i omlopp i produkter och processer, kombinerat med kontinuerligt ökande krav på sänkta utsläppsnivåer gör att flera industrier ställs inför stora utmaningar inom rening av vatten och processkemikalier. Dagens lösningar har svårt att nå de låga koncentrationer som nya utsläppskrav sätter och genererar stora mängder sekundärt avfall i form av förbrukade filtermassor.

Projektet adresserar ett kritiskt samhällsbehov av att reducera kvicksilverutsläpp till nivåer långt under de gränsvärden som EU och andra globala myndigheter har fastställt för dricksvatten (1 µg/l). Detta är särskilt relevant för industrier som vill uppfylla strängare regleringar och minska sitt ekologiska fotavtryck.

Projektet förväntas bidra till att minska kvicksilverutsläpp genom att komplettera befintliga lösningar, särskilt inom tandvård, med en teknik som fångar upp vattenlöst kvicksilver från utgående vatten på ett resurseffektivt sätt. Projektet väntas även validera tekniken för industriella applikationer inom bl.a. kemi- och återvinningssektorn, där potentialen för minskning av sekundärt avfall, i form av kvicksilverhaltigt slam eller filtermassa, är stor. Lösningen har potential att anpassas och skalas upp för flera applikationer, vilket kan bidra till både miljömässiga och ekonomiska fördelar.

I detta projekt angrips problemet med kvicksilverförorening genom att utveckla och testa en elektrokemisk teknik som selektivt fångar upp vattenlöst kvicksilver från vatten, med specifikt fokus på kommersiell och industriell vattenrening. Tekniken, som bygger på forskning från Chalmers tekniska högskola, har validerats i både laboratorie- och verkliga miljöer.

Syftet är att skapa en skalbar och kostnadseffektiv lösning som kan implementeras i tandvårdskliniker och andra sektorer där kvicksilverutsläpp är ett problem, samtidigt som den uppfyller hög rening och minimerar sekundärt avfall.

Hypotesen är att den elektrokemiska processen kan nå kvicksilverhalter under gränsvärdet för dricksvatten (1 µg/L) utan att kräva externa pumpar eller omfattande underhåll. Dessutom förväntas tekniken vara energieffektiv och flexibel nog att anpassas till olika applikationer. Vidare, att tekniken är ett lämpligt komplement till traditionella amalgamavskiljare i tandläkarkliniker för att drastiskt sänka kvicksilverutsläppen samt ett resurseffektivt och konkurrenskraftigt substitut till konventionella metoder för vattenrening i industriella applikationer.

4. Genomförande

Projektet har genomförts enligt följande arbetspaket, som definierades i projektansökan:

Arbetspaket 1: Bygga, testa och iterera demonstrationsprototyp

- **Syfte:** Utveckla och optimera demonstrationsprototyper baserade på den elektrokemiska tekniken.
- **Metoder:** Iterativ design, labbtester och simuleringar med både syntetiska och verkliga vattenprover från tandvårdskliniker och industriella processer.
- **Ansvariga:** Atium ledde utvecklingen tillsammans med Chalmers tekniska högskola för analys och teknisk validering. Konsulter och laboratorier anlätades för specifika tekniska utmaningar.

Arbetspaket 2: Genomförbarhetsstudie

- **Syfte:** Utföra en genomförbarhetsstudie för att säkerställa att tekniken möter användarnas behov och krav.

- **Metoder:** Intervjuer med behovsägare, utveckling av kravspecifikationer, identifiering av leverantörer och upprättande av processschema för rening och regenerering.
- **Ansvariga:** Atium ansvarade för dialog med behovsägare, medan Stena Recycling bidrog med kunskap om avfallshantering och storskaliga processer. MRT System bidrog med expertis om kvicksilverhantering.

Arbetspaket 3: Demonstrera tekniken i verklig miljö

- **Syfte:** Validera tekniken i fältstudier genom att implementera den i fyra tandvårdskliniker och andra relevanta miljöer, framför allt i pilottester i labb med vattenprover från industriella kunder.
- **Metoder:** Installation av prototyper i tandvårdskliniker och kontinuerlig övervakning av prestanda. Data samlades in och analyserades för att säkerställa att tekniken lever upp till krav. Flödesexperiment i labb med vatten hämtade från industriella pilotpartners. Analys, tolkning av resultat och simulering av fullskalig prestanda. En forskningsartikel har även skrivits baserat på resultat av Chalmers i samarbete med Atium.
- **Ansvariga:** Atium ansvarade för implementering och övervakning, med stöd från Stena Recycling och deltagande kliniker. Resultat och metoder tolkades och itererades i samarbete med Chalmers.

Arbetspaket 4: Beräkna nyckeltal

- **Syfte:** Ta fram tekniska, ekonomiska och miljömässiga nyckeltal för att bedöma teknikens potential och jämföra med alternativa lösningar.
- **Metoder:** Dataanalys baserad på resultat från demonstrationerna och beräkningar av reningskapacitet, energiförbrukning och avfallsgenerering. Ett stort fokus lades på beräkning av miljönyttan som produkten kan skapa i tandvården.
- **Ansvariga:** Atium genomförde analyserna med rådgivning från Chalmers.

Arbetspaket 5: Patenterbarhetsstudie

- **Syfte:** Undersöka och säkerställa teknikens immateriella rättigheter.
- **Metoder:** Workshops med patentingenjörer, nyhetsgranskningar och framtagande av patentansökan.
- **Ansvariga:** Atium samarbetade med Pine IPR, en patentfirma med erfarenhet av tekniska innovationer i startups.

Projektdeltagare och roller

- **Atium:** Projektledning, utveckling av prototyper, kommunikation, fältstudier och affärsstrategier.

- **Chalmers tekniska högskola:** Forskning och analys av tekniken samt stöd vid tekniska utmaningar. Författande av forskningsartikel.
- **Stena Recycling:** Industripartner med fokus på avfallshantering och praktisk implementering. Bidrog med implementering av pilotprojektet i tandläkarkliniker.
- **MRT System:** Specialist på kvicksilverhantering och teknikvalidering, bidrog med rådgivning och kontaktnät inom kvicksilverhantering.
- **Folktandvården Västmanland:** Pilotpartner som bidrog som testklinik för fälttester samt med användarinsikter och kravspecifikationer.

Genom denna struktur har projektet säkerställt att tekniken utvecklats och testats på ett sätt som gör den redo för kommersialisering och bred implementering.

5. Resultat och diskussion

Resultat och tolkning

Projektet syftade till att demonstrera och validera Atiums elektrokemiska vattenreningsteknik i en verklig miljö, med fokus på att minska kvicksilverutsläpp från tandvårdskliniker och industriella applikationer. Tekniken har tidigare visat lovande resultat i laboratoriemiljö och mindre skalor, och målet med projektet var att öka TRL-nivån genom fältstudier och kvantitativ analys av prestanda.

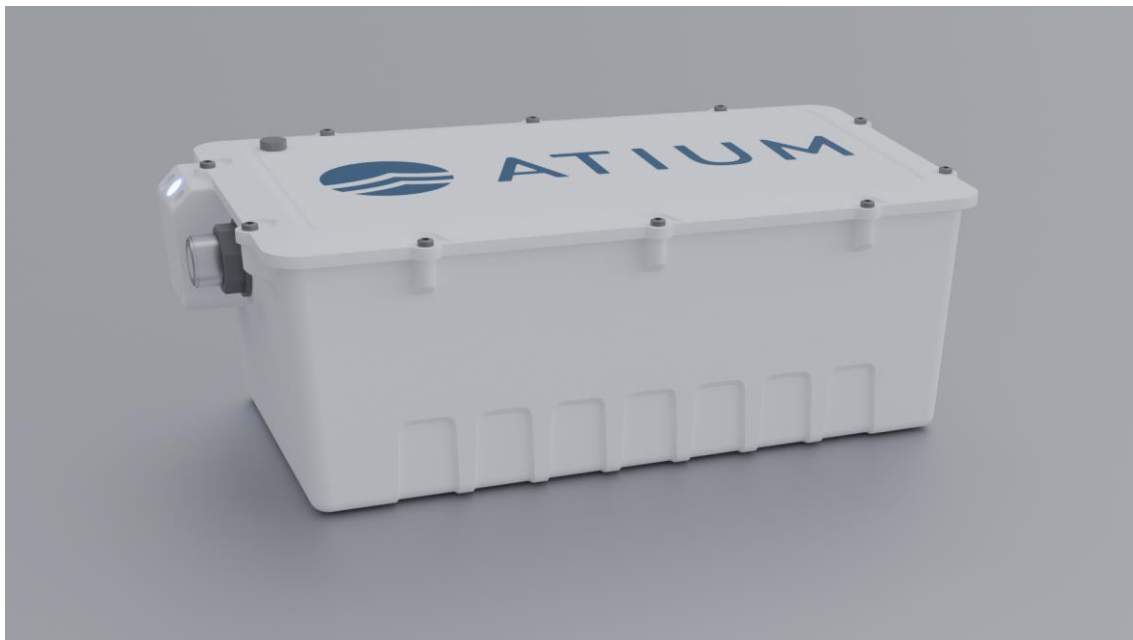
Prototyper och industriförsök

Två olika prototyper har konstruerats som del av arbetspaket (AP) 1:

- **Dentalprototyp:** Designad för att komplettera amalgamavskiljare vid tandvårdskliniker, testades i fältstudier som beskrivs nedan.

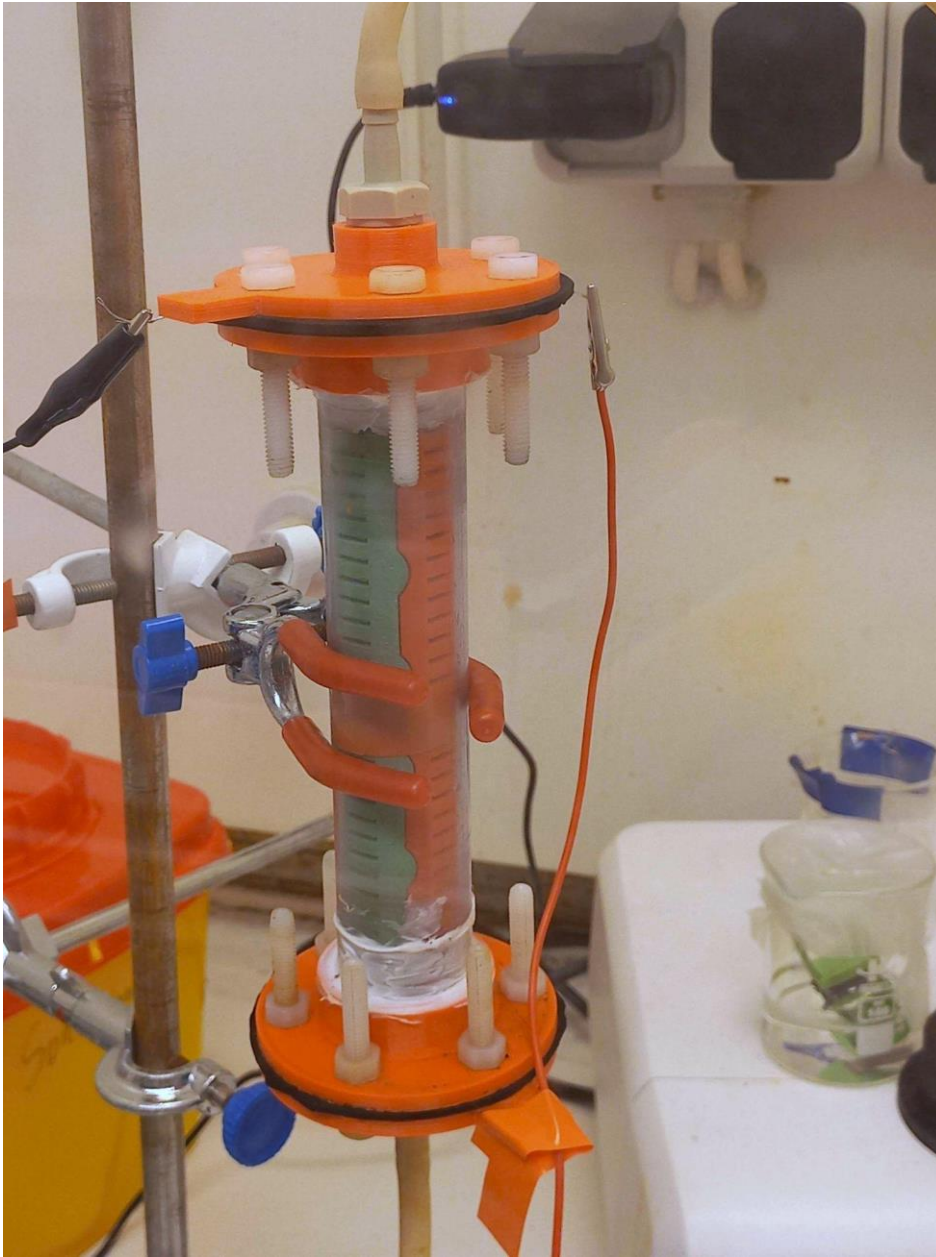


Figur 3. Bild på en av pilotenheterna.



Figur 4. Konceptskiss på hur produkten kan komma att se ut när den är redo för tillverkning i skala.

- **Industriprototyp:** Designad för industriell vattenrening och testad i proof-of-concept-projekt med tre industriella aktörer. Dessa tester genomfördes genom att kunderna skickade vattenprover till Atium, som analyserade och testade prototypen tillsammans med Chalmers.

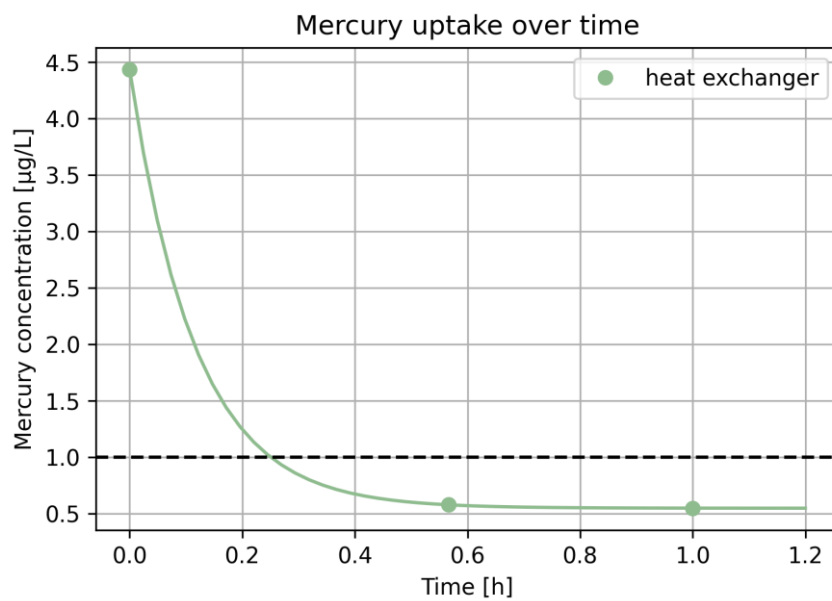


Figur 5. Bild tagen på en av labbprototyperna under ett flödestest.

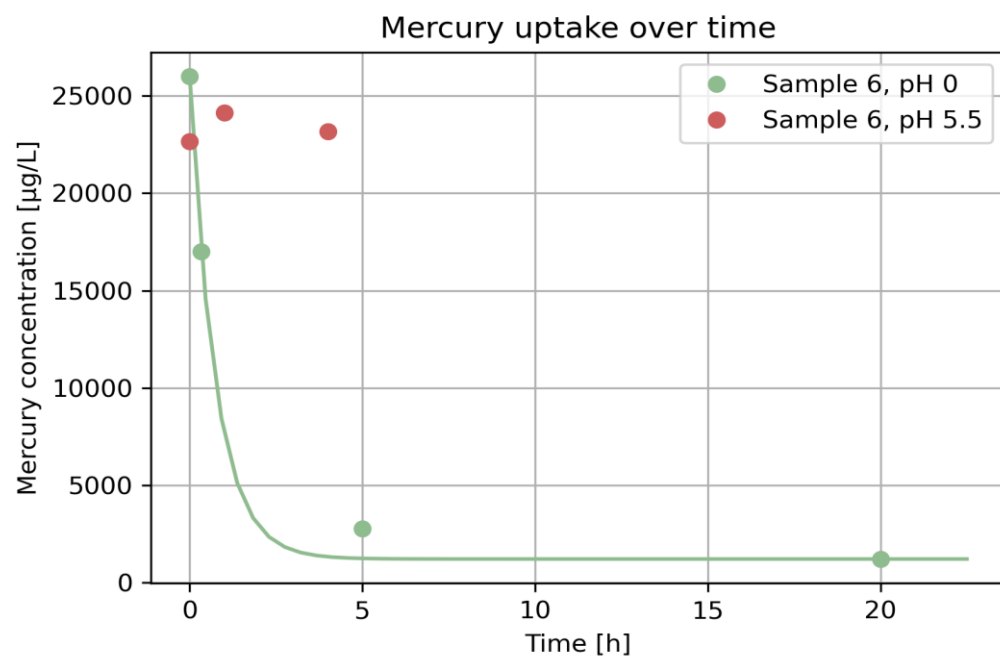


Figur 6. Koncept på hur de industriella flödesreaktorerna kommer att se ut.

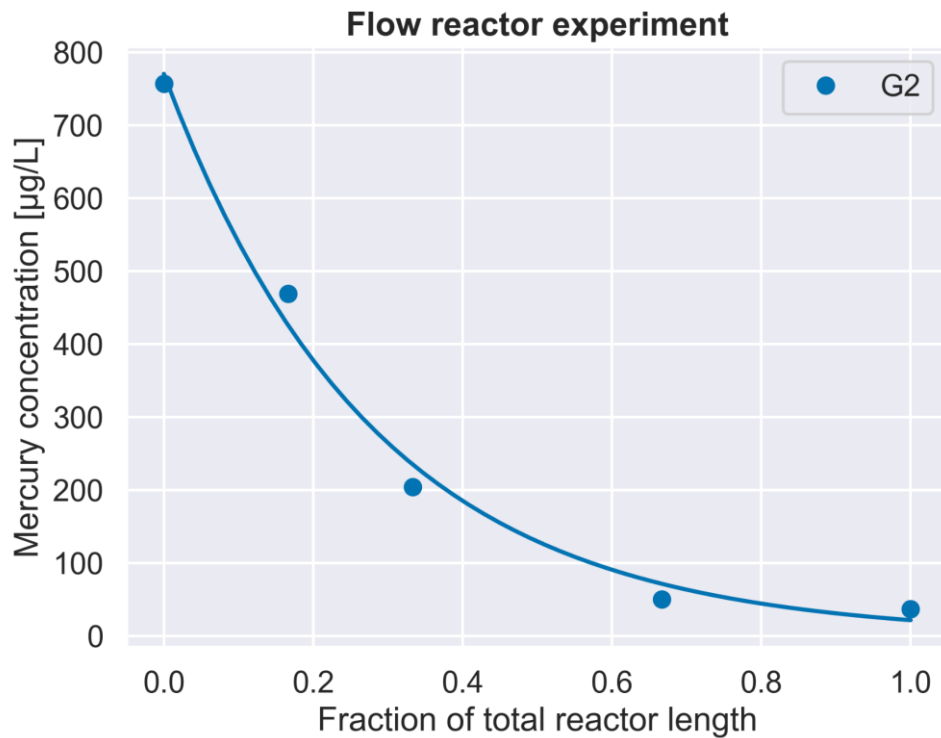
Resultaten från industriproven visade att tekniken effektivt kunde rena vattenlöst kvicksilver enligt teorin och tidigare labbtester.



Figur 7. Batchexperiment med kvicksilverkontaminerat kondensatvatten (Scheuch)

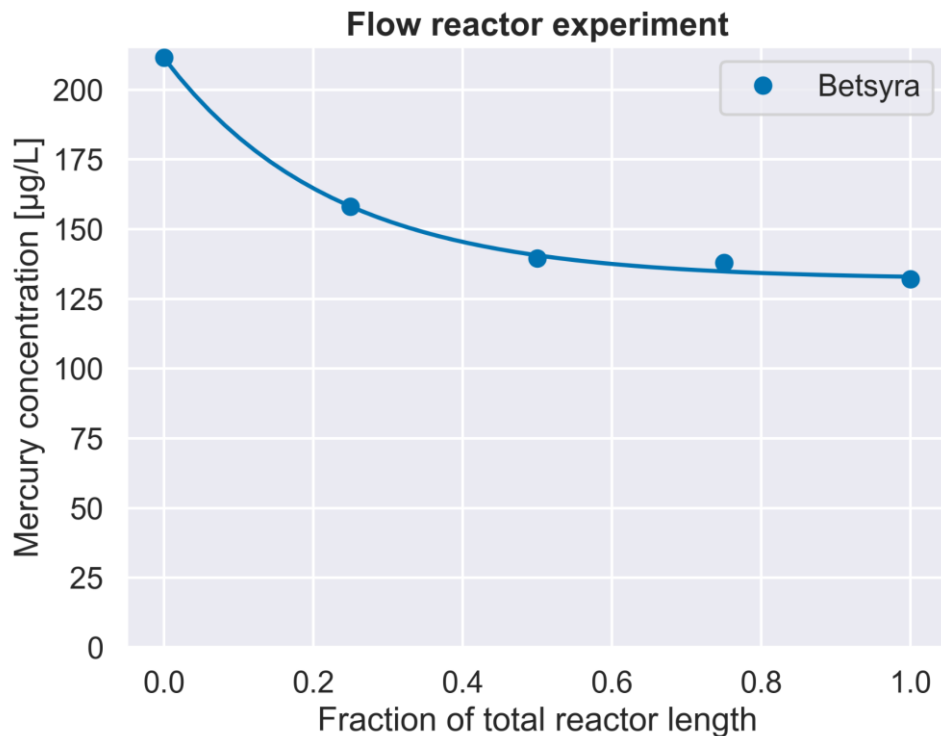


Figur 8. Batchexperiment med vatten från BMT.



Figur 9. Flödesexperiment med vatten från Inovyn.

Dock upptäcktes att många vattenströmmar innehöll betydande mängder partikulärt kvicksilver, vilket krävde ytterligare lösningar för att adressera hela problemet. Likt tandvården kan flera applikationer gynnas av att kombinera partikel- och jonavskiljning. Nedan är ett flödesexperiment med betsyra från Inovyn där mycket av kvicksilvret var partikulärt. Man kan tydligt se när allt vattenlöst kvicksilver är uppfångat och endast partikulärt kvicksilver är kvar.

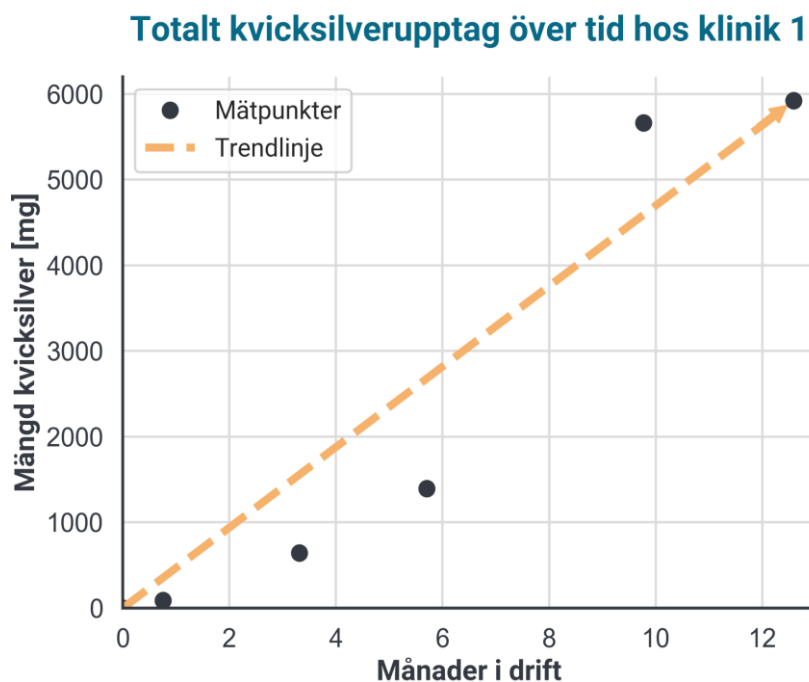


Figur 10. Batchexperiment med betsyra från Inovyn.

Kvicksilverreduktion vid tandvårdskliniker

Fältstudier genomfördes vid fyra svenska tandvårdskliniker där Atiums teknik installerades som ett komplement till befintliga amalgamavskiljare. Resultaten visade en effektiv och konsekvent avskiljning av vattenlöst kvicksilver:

- **Totalt uppfångat kvicksilver:** 19 000 000 µg (19 gram) från fyra kliniker under 12 månader.
 - Klinik 1: 6 535 000 µg
 - Klinik 2: 3 165 000 µg
 - Klinik 3: 1 773 000 µg
 - Klinik 4: 7 466 000 µg
- **Medelreduktion per liter vatten:** 208 µg/liter, med relativt linjär prestanda bekräftad vid flera provpunkter under hela testperioden. Den genomsnittliga reduktionen per liter är baserad på en uppskattning kring genomsnittlig vattenanvändning om 20L/stol/dag vid normal beläggning.
- **Daglig medelreduktion per klinik:**
 - Klinik 1: 17 000 µg/dag
 - Klinik 2: 8 700 µg/dag
 - Klinik 3: 2 400 µg/dag
 - Klinik 4: 17 000 µg/dag



Figur 11. Graf över hur mycket kvicksilver som produkten fångat upp från utgående vatten i klinik 1, som annars hade gått rakt ut i avloppet.

Hållbarhet och driftsäkerhet

Av de 5 installerade pilotenheter fungerade fyra stycken felfritt under hela testperioden (12+ månader). En av enheterna påvisade en tydlig minskning i prestanda efter ca 6 månader. När enheterna avinstallerades i slutet av testet och analyserades kunde man se att en av de elektriska kopplingarna, på enheten som tappade prestanda efter 6 månader, hade spår av korrosion. Denna korrosion gjorde att den elektrokemiska reaktionen som fångar kvicksilvret inte längre kunde fortgå som tänkt. En ny typ av elektrisk koppling, som inte består av samma metall som korroderade, är implementerad i nya versioner av produkten.

Trots detta ser vi testet som en väldigt bra presentation av hur robust produkten är i en verklig miljö. Det utgående vattnet från tandläkarkliniker är en påfrestande miljö då det ofta innehåller klorider som kommer från desinfektionsmedel som klinikerna använder. Diverse partiklar och tillväxt kan också skapa problem för många andra produkter, så att alla 5 enheter kunde stå ute i fält utan service eller underhåll i mer än 12 månader är ett resultat vi är väldigt stolta över.

Övriga resultat

- **Patentansökan:** En patentansökan togs fram för dentalprodukten i samarbete med Pine IPR.

- **Mässdeltagande:** Dentalprodukten ställdes ut på SweDental, Sveriges största mötesplats för tandvården.
- **Labbtester:** Industriprototypen har validerats genom labbtester som visade att den presterar enligt teorin. Konstruktionen av en större version har påbörjats.
- **TRL-nivåer:** Dentalprodukten gick från TRL 4 till 7, medan industriprodukten avancerade från TRL 3 till 5.
- **Forskningsartikel:** En forskningsartikel har skrivits.
- **Förberedelse för kommersialisering:** Dentalprodukten har börjat förberedas för kommersialisering, inklusive Design for Manufacturing (DFM) och kartläggning för CE-märkning.
- **Nätverksbyggande:** Atium har deltagit vid AquaTech Amsterdam och IFAT München, där de validerade behovet av kvicksilveravskiljning, byggde kontaktnät och träffade potentiella kunder och investerare.

Diskussion

Tolkning av resultaten

Resultaten indikerar att projektet bidrar med en lösning på ett känt gap i vattenreningsteknologier, särskilt för småskaliga verksamheter som tandvårdskliniker. Att kunna hantera vattenlöst kvicksilver utan behov av externa pumpar eller omfattande underhåll gör tekniken skalbar och ekonomiskt attraktiv.

Resultaten från projektet visar tydligt att tekniken är mycket effektiv för att avlägsna vattenlöst kvicksilver från olika vattenströmmar. Vid tandvårdskliniker har tekniken visat på konsekvent hög prestanda med genomsnittliga reningsnivåer som vida överstiger de krav som ställs för miljövänliga lösningar. Detta indikerar att tekniken inte bara fungerar i kontrollerade miljöer, utan även i verkliga tillämpningar där variationer i vattenflöde och föroreningsnivåer kan förekomma.

För industriprototypen har resultaten visat att tekniken har potential att lösa problem med vattenlöst kvicksilver i industriella processer, även om partikulärt kvicksilver kvarstår som en utmaning i vissa applikationer. Detta öppnar möjligheter för att utveckla kompletterande lösningar och bredda teknikens användningsområden. För industriella applikationer erbjuder tekniken också potential att rena sura vattenströmmar utan för-filtrering eller pH-justering, vilket tidigare varit en utmaning för konventionella metoder. Detta öppnar upp

möjligheter för användning inom gruvdrift, kemikalieproduktion och andra sektorer med liknande behov.

Styrkor och utvecklingsmöjligheter

En av de största styrkorna i tekniken är dess robusthet och låga underhållskrav, vilket gör den väl lämpad för både småskaliga och industriella tillämpningar. Dessutom erbjuder tekniken en unik kombination av energieffektivitet och hög selektivitet för vattenlöst kvicksilver. Detta skapar en tydlig konkurrensfördel jämfört med befintliga lösningar.

Dock har projektet också identifierat vissa utvecklingsbehov, såsom att integrera tekniken med befintliga system för partikelavskiljning i industriella tillämpningar. Vidare optimering av industriprototypen för att hantera högre flödes hastigheter och komplexa vattenmatriser är ett viktigt nästa steg.

Implikationer för tandvården och industrin

För tandvårdskliniker erbjuder tekniken en konkret lösning för att drastiskt minska kvicksilverutsläpp och därmed uppfylla de allt strängare miljökraven. Kombinationen av låg energiförbrukning och minimalt underhåll gör tekniken särskilt lämplig som ett komplement till traditionella amalgamavskiljare.

Inom industrin kan tekniken spela en central roll i att möjliggöra mer hållbara processer, särskilt i sektorer som gruvdrift och kemikalieproduktion där kvicksilverutsläpp är ett stort problem. Projektets resultat visar att tekniken har potential att bidra till att minska miljöpåverkan och öka resurseffektiviteten.

Betydelse för hållbar resursanvändning

Projektet har demonstrerat en tydlig positiv inverkan på hållbar resursanvändning:

1. **Förhindrade utsläpp:** Genom att avlägsna 19 miljoner mikrogram kvicksilver har tekniken förhindrat förorening av 19 miljoner liter vatten, baserat på EU:s dricksvattenkrav på 1 µg/L. Detta bidrar direkt till att minska belastningen på kommunala vattenreningsverk och förbättrar vattenkvaliteten i kretsloppet.
2. **Ersättning av konsumtionsvaror:** Produkten har visat sin kapacitet och prestanda, vilket pekar på en potential att ersätta konventionella metoder som bygger på förbrukningsvaror, såsom engångsfilter och kemiska tillsatser. Detta minskar både avfall och driftkostnader.

3. **Cirkulära flöden:** Tekniken möjliggör återanvändning av behandlade vattenflöden och minskar behovet av färskt vatten i både tandvård och industriella processer. Detta stödjer en cirkulär ekonomi och hållbara materialflöden.

Projektets resultat visar inte bara på lösningens direkta nytta utan också dess potential att påverka vattenreningssektorn i grunden genom att introducera en ny, hållbar standard för kvicksilverhantering. Framförallt inom tandvården, där man i dagsläget krävställer partikelavskiljning av amalgampartiklar i hela EU, men inte krävställer någon form av avskiljning av vattenlöst kvicksilver.

6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Slutsatser

Projektet har tydligt visat att Atiums elektrokemiska vattenreningsteknik är både effektiv och praktiskt tillämpbar i verkliga miljöer. Tekniken har demonstrerat hög kapacitet att avlägsna vattenlöst kvicksilver från tandvårdskliniker och industriella vattenflöden. Följande slutsatser kan dras:

1. **Effektiv kvicksilverreduktion:** Tekniken har bekräftats kunna reducera vattenlöst kvicksilver i utgående vatten från tandläkarkliniker effektivt, vilket i fälttest med fyra kliniker förhindrat utsläpp av totalt 19 miljoner mikrogram kvicksilver, vilket i sin tur förhindrat förorening av 19 miljoner liter vatten enligt EU's gränsvärde för kvicksilver i dricksvatten på 1 mikrogram/liter.
2. **Tillämpbarhet i flera sektorer:** Dentalprodukten har validerats i kommersiell miljö (TRL 7), medan industriprototypen har avancerat till TRL 5 med lovande potential för uppskalning och vidare optimering.
3. **Robust och hållbar lösning:** Teknikens låga underhållsbehov, energieffektivitet och minimala sekundäravfall gör den till ett potentiellt konkurrenskraftigt och resurseffektivt alternativ till befintliga lösningar, som aktivt kol och jonbytare.

Nyttiggörande

- **Tandvårdskliniker:** Dentalprodukten har validerats som ett effektivt komplement till amalgamavskiljare och Atium arbetar för att implementera produkten kommersiellt inom ett år. Genom att minska kvicksilverutsläpp förbättrar tekniken klinikernas miljöprestanda och minskar belastningen på kommunala vattenreningsverk. Tekniken kan årligen reducera kvicksilverutsläpp från svenska tandläkarkliniker med upp till 14 kilogram om den implementeras i hela landet, vilket motsvarar 14 miljarder mikrogram. Ett "whitepaper" har också tagits fram för att kommunicera resultaten från fälttesterna till intressenter inom branschen.
- **Industriella applikationer:** Industriprototypen har visat potential för användning inom sektorer som gruvdrift, kemikalieproduktion och återvinning. Tekniken kan möjliggöra rening av sura vattenströmmar, återanvändning av vatten och kemikalier samt förbättrad avfallsminimering. Insikterna från testerna används för att vidareutveckla en storskalig lösning som kan möta de unika behoven inom olika industrier.
- **Miljönytta och cirkulär ekonomi:** Tekniken har en potential att möjliggöra återanvändning av behandlade vattenflöden, kan minska behovet av engångsfilter och andra förbrukningsvaror samt att stödja en cirkulär ekonomi genom minskad miljöbelastning och resurssnål hantering av föroreningar.

Nästa steg

1. **Kommersialisering av dentalprodukten:**
 - Slutföra CE-märkning och genomföra Design for Manufacturing (DFM).
 - Etablera produktionskapacitet och lansera produkten på marknaden med fokus på att nå fler tandvårdskliniker nationellt och internationellt.
 - Expansion av teamet i Atium för att möjliggöra lanseringen av produkten.
2. **Vidareutveckling av industriprototypen:**
 - Genomföra storskaliga tester i samarbete med fler industriella aktörer för att validera teknikens prestanda under realistiska förhållanden.

- Optimera tekniken för högre flödes hastigheter och för att hantera både vattenlöst och partikulärt kvicksilver.
 - Fälttester tillsammans med industriell pilotkund, likt det som genomfördes med tandläkarkliniker i detta projekt.
- 3. Marknadsföring och upplysning:**
- Marknadsföra dentalprodukten genom riktade kampanjer som lyfter fram problemet med vattenlöst kvicksilver i tandläkarvatten.
 - Informera om den nya lösningen genom vetenskapliga artiklar, branschspecifika publikationer och webbseminarier för att öka medvetenheten om både problemet och lösningen bland slutanvändare och beslutsfattare.
- 4. Resultatspridning och partnerskap:**
- Publicera projektets resultat i vetenskapliga tidskrifter och presentera på internationella konferenser för att nå en bredare målgrupp.
 - Publicera vetenskaplig artikel i samarbete mellan Chalmers och Atium, med fokus på resultaten från fälttesterna inom tandvården.
 - Utveckla strategiska partnerskap med industriella aktörer för att påskynda implementering och skalning.
- 5. Global expansion och långsiktig påverkan:**
- Utforska nya marknader och skapa samarbetsnätverk för att etablera tekniken som en global standard för kvicksilverrening i tandläkarindustrin.

Genom dessa steg förväntas projektets resultat bidra till förbättrad hållbarhet, minskad miljöpåverkan och ökad resurseffektivitet i både tandvård och industrisektorn.

7. Publikationslista

Projektet har resulterat i flera viktiga publikationer och kommunikationsinsatser för att sprida resultaten till olika målgrupper. Här listas centrala exempel:

- **Vetenskaplig artikel:** En vetenskaplig artikel som beskriver de tekniska resultaten från fälttester vid tandvårdskliniker, skapad i samarbete mellan Atium och Chalmers Tekniska Högskola. Artikeln är i processen att bli publicerad.

- **Whitepaper:** Ett dokument riktat till tandvårdssektorn, där resultaten från pilottester och teknikens fördelar kommuniceras till branschaktörer. Bifogas tillsammans med slutrapporten.
- **Mässpresentationer:** Tekniken har presenterats vid stora internationella mässor, inklusive SweDental där Atium ställde ut som del av en innovationsarena, AquaTech Amsterdam och IFAT München, där potentiella kunder och partners informerades om tekniken.
- **Patentansökan:** En ansökan har skickats in för dentalprodukten för att skydda innovationen och underlätta kommersialisering.

8. Projektkommunikation

Kommunikationsinsatserna har fokuserat på att sprida kunskap om problemet med vattenlöst kvicksilver och hur Atiums teknik erbjuder en hållbar lösning. Huvudsakliga aktiviteter inkluderar:

Deltagande vid branschmässor:

- På SweDental riktades kommunikationen mot tandvårdsaktörer, med fokus på hur dentalprodukten kan minska kvicksilverutsläpp.
- På AquaTech och IFAT München lyftes teknikens tillämpning för industriella vattenflöden i direkt dialog med potentiella partners och kunder. Projektet ställde inte ut på dessa mässor, utan besökte i syfte att både kommunicera resultaten, tekniken samt för att lära sig mer om konkurrerande och kompletterande lösningar.

Direkt marknadsföring:

- En kort projektrapport eller "whitepaper" riktad mot tandvårdskliniker och återförsäljare/tillverkare av amalgamavskiljare för att öka medvetenheten om problematiken och lösningen.

Vetenskapliga forum:

- Samarbete med Chalmers har lett till en vetenskaplig artikel, vilket stärker teknikens trovärdighet avsevärt.

Digital kommunikation:

- Publicering på företagets hemsida och sociala medier för att nå en bredare målgrupp och bygga engagemang.

9. Referenser

Vetenskapliga artiklar och rapporter

- UNEP (United Nations Environment Programme). *Global Mercury Assessment 2018*. UNEP Chemicals and Health Branch, Geneva, 2018.
- WHO (World Health Organization). *Mercury and Health Fact Sheet*. WHO, 2021.

Regler och direktiv

- EU Direktiv 2020/2184, *Om kvaliteten på vatten avsett för konsumtion*.
- Miljöbalken (1998:808), Sverige.

Övriga källor

- Gryaab Rapport 2012:05, *Kvikksilver i avloppsvatten från tandvården i Göteborg*.
- Naturskyddsföreningen, *Kvikksilver i miljön – en pågående utmaning*, 2023.

RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram som fokuserar på att utveckla cirkulära, resurseffektiva materialflöden. Vårt mål är att uppnå en hållbar materialanvändning där vi håller oss inom planetens gränser.

