

# CHALMERS

UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## UTVECKLING AV EN NY METOD FÖR BEHANDLING AV FÖRORENADE SEDIMENT MED FOTOELEKTROKATALYTISK NEDBRYTNING

ANN-MARGRET STRÖMVALL

OSKAR MODIN

SEBASTIEN RAUCH



# SYFTE

- Utveckla en ny metod i laboratorieskala baserad på fotoelektrokatalytisk nedbrytning av organiska miljögifter kombinerat med elektrolys för metallåtervinning av förorenade sediment
- Testa metoden på olika typer av sediment

## **1. Metodutveckling**

Tillverkning av fotokatalytiska elektroder.  
Utvärdering av fotoelektrokatalytisk funktion.



## **2. Avskiljning av föroreningar i vattenlösning**

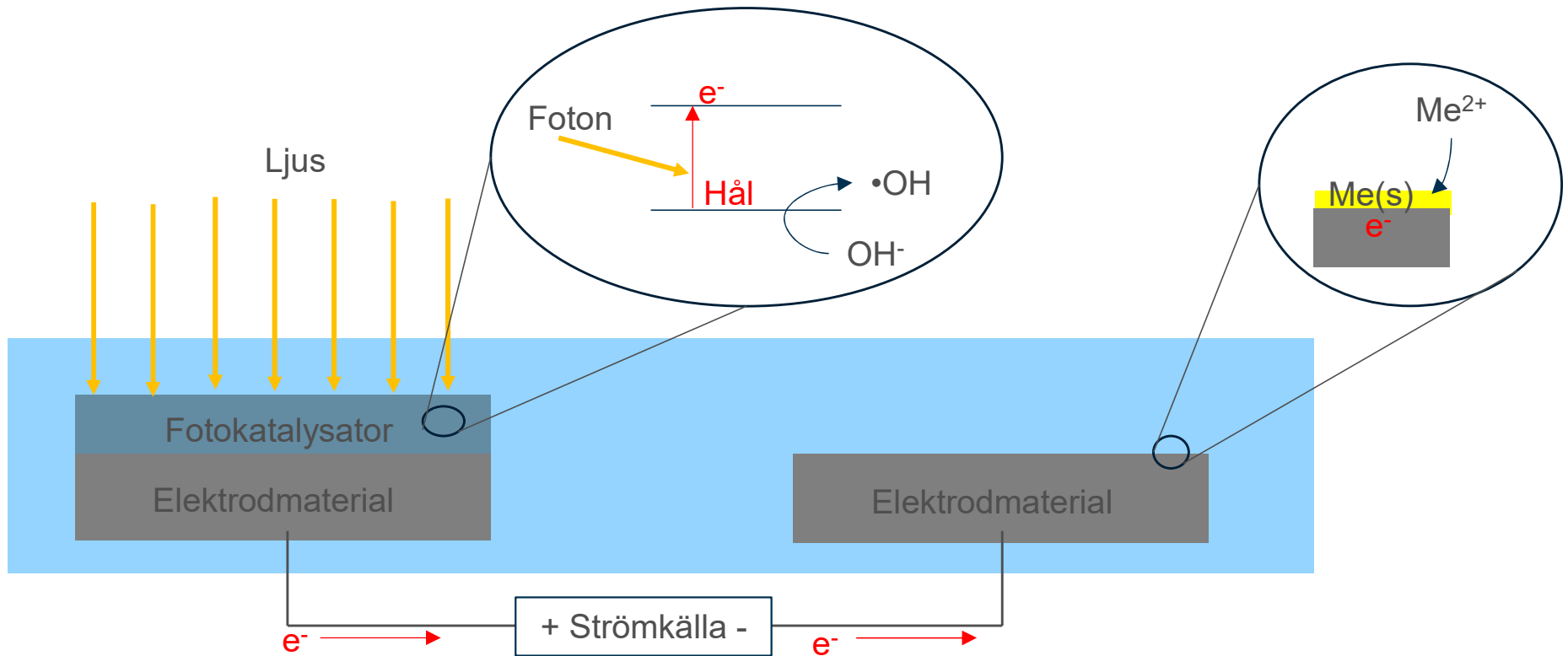
Oxidation av organiska miljögifter.  
Elektrokemisk reduktion av metalljoner.



## **3. Behandling av förorenade sediment**

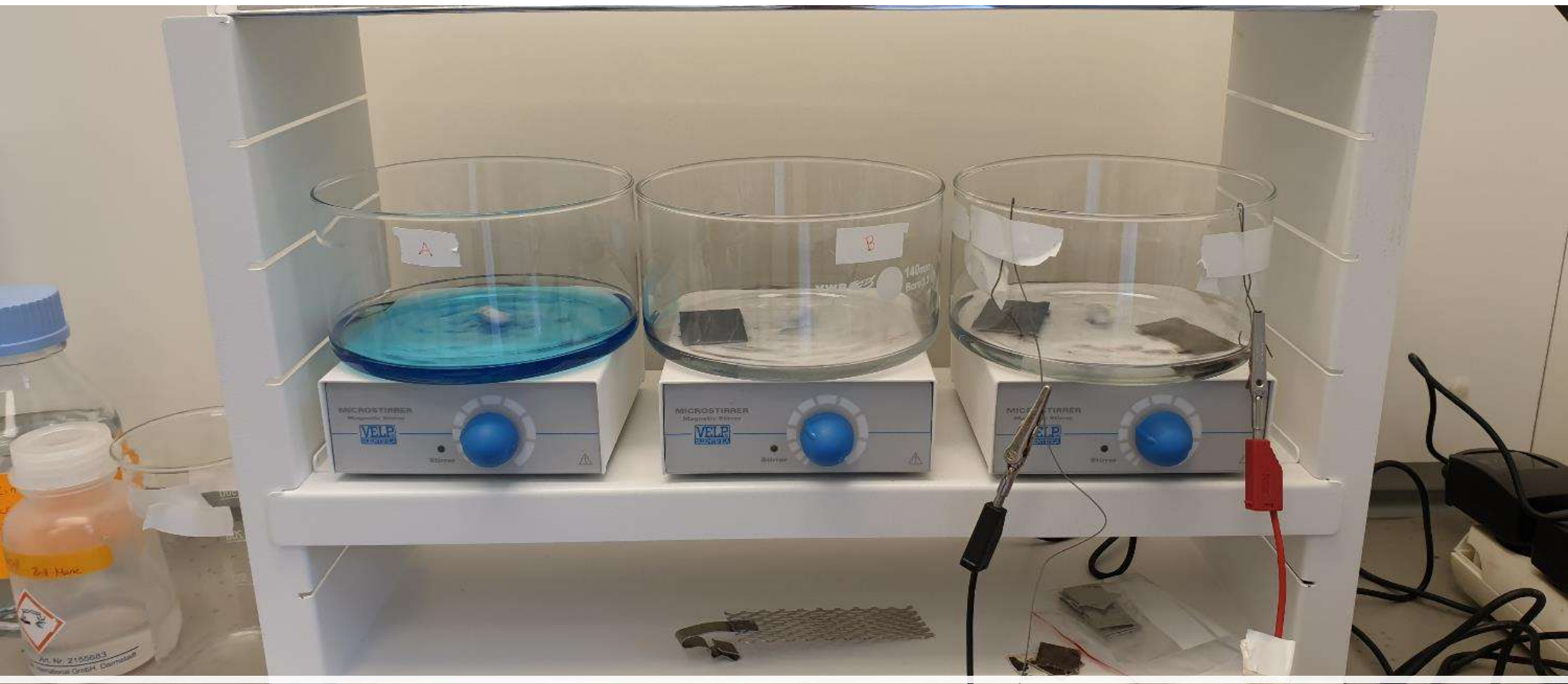
Nedbrytning av PAH, PCB, TBT, ftalater, aromater och alifater, samt avskiljning av metaller.

# FOTOELEKTROKATALYS



Hur vet vi om  
metoden  
fungerar?

Vilka  
driftparametrar  
är optimala?



## NEDBRYTNING AV METYLENBLÅTT

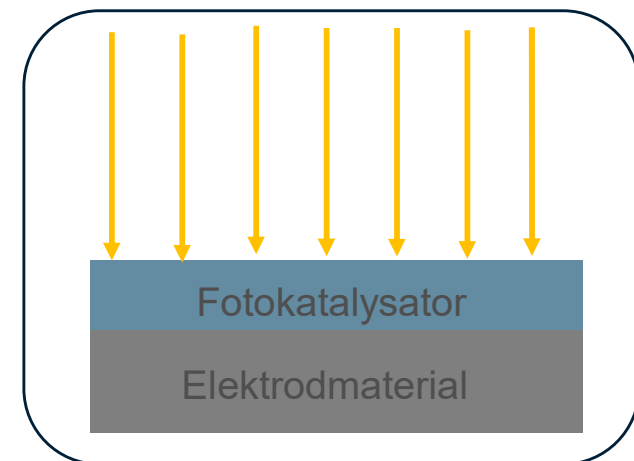
11/7/2022

Chalmers University of Technology

6

# ELEKTROD OCH KATALYSATOR

- Katalysator: ZnO eller TiO<sub>2</sub>
- Elektrod: Stål, koppar, zink, titan
- Produktionsmetod: elektrokemisk, termisk oxidation, termisk sprutning



Elektrokemisk reduktion följt av termisk oxidation av Zn

Termisk oxidation av Zn

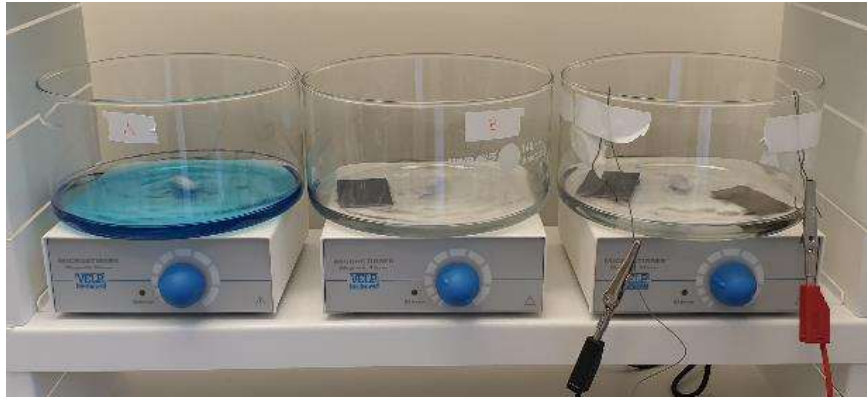
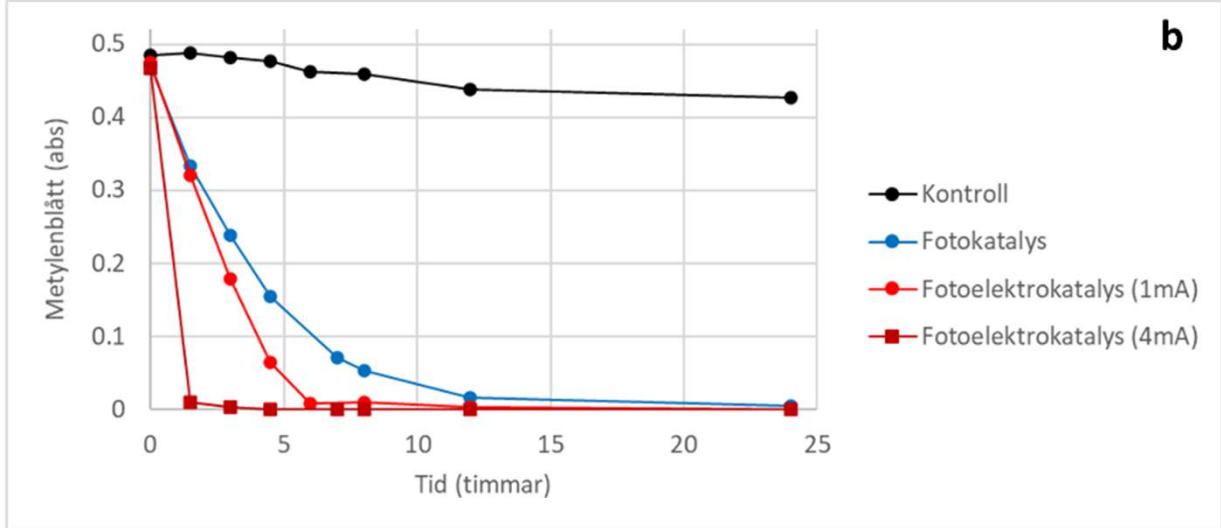


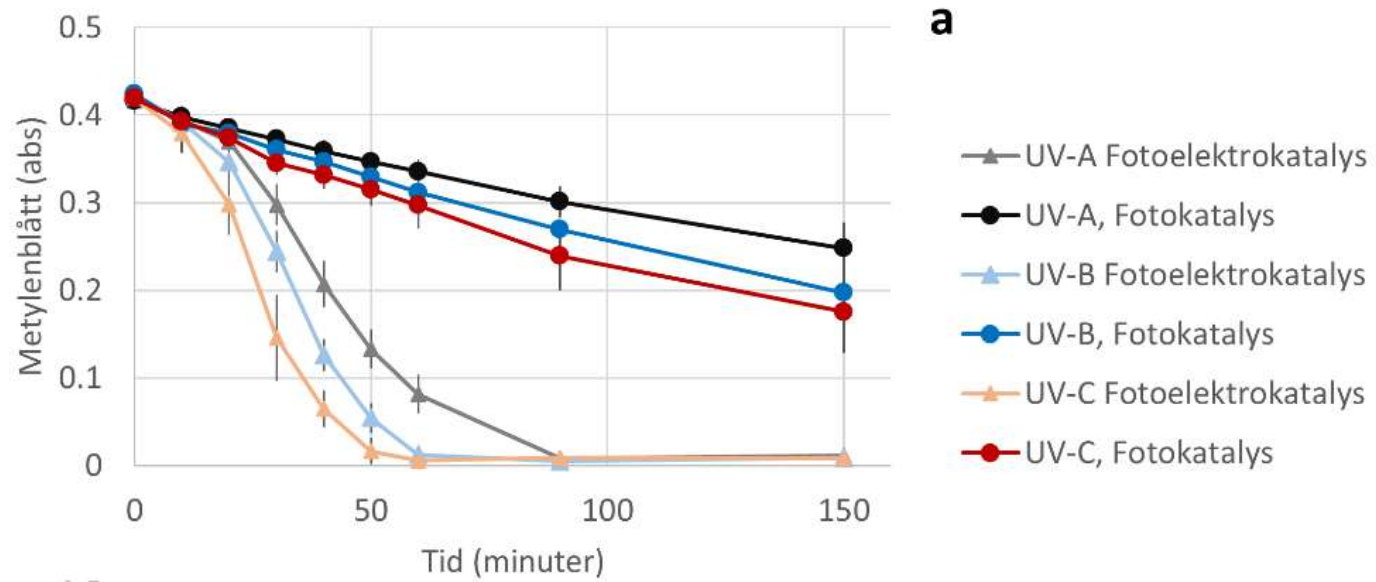


TiO<sub>2</sub> på stål

TiO<sub>2</sub> på titan













# SLUTSATSER FRÅN METODUTVECKLINGEN

- Vår försöksuppställning fungerar för fotoelektrokemisk katalys.
  - $\text{TiO}_2$  på titan bryter ner metylenblått när det utsätts för UV-ljus.
  - Elektrodena är robusta och håller över tid.
  - Hur fungerar det med andra föroreningar och med sediment...
- 
- 
- 

# VATTENLÖSNINGAR



Fungerar fotoelektrokatalys metoden för behandling av klara lösningar?

- Organiska föroreningar (PAH, PCB)
  - Organiska tennföroreningar (TBT)
  - Metaller
- 

# VATTENLÖSNINGAR – PCB & PAH

*Nedbrytning av PCB med fotokatalys (UVC+TiO<sub>2</sub>) och fotoelektrokatalys (UVC+TiO<sub>2</sub>+EI) i klar vattenlösning.*

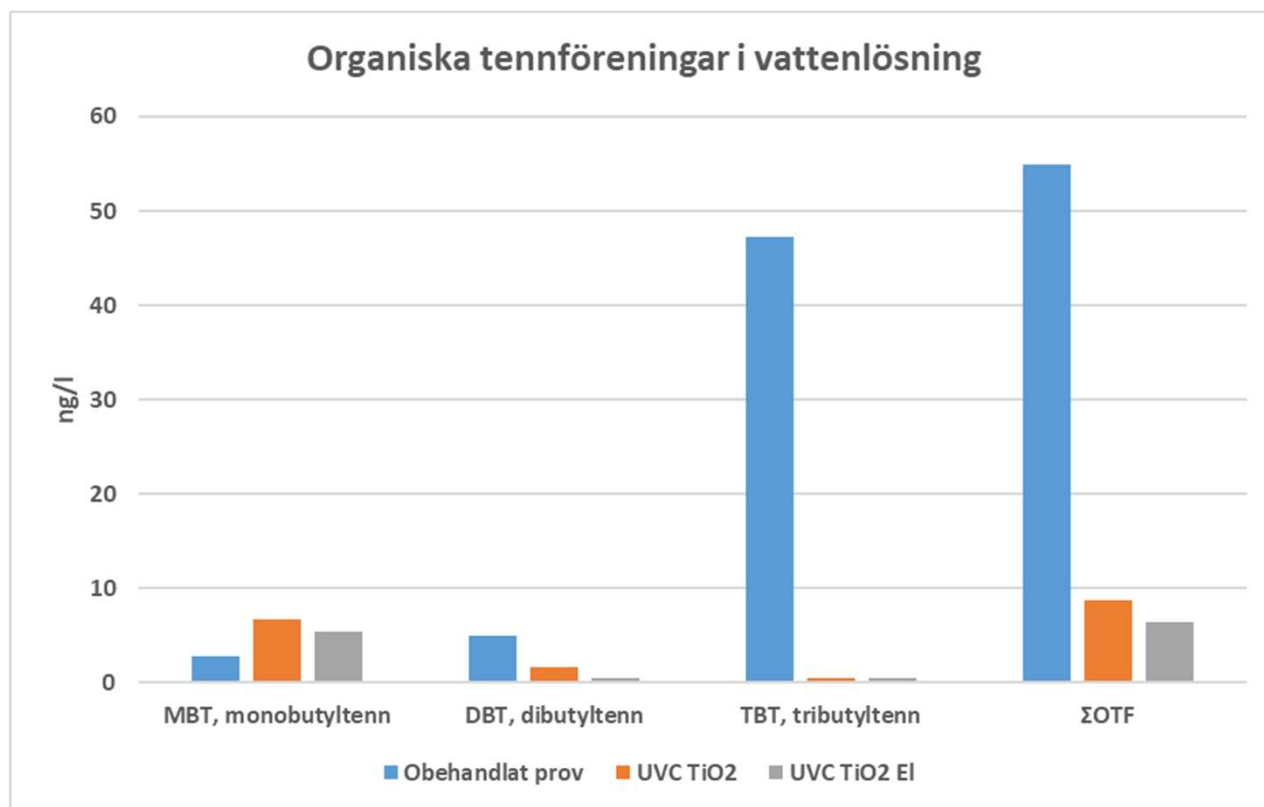
	<b>Obehandlat</b> <b>µg/l</b>	<b>UVC+TiO<sub>2</sub></b> <b>µg/l</b>	<b>Nedbrytning</b> <b>%</b>	<b>UVC+TiO<sub>2</sub>+EI</b> <b>µg/l</b>	<b>Nedbrytning</b> <b>%</b>
<b>PCB 28</b>	0,0244	<0,00110	>98	<0,00110	>98
<b>PCB 52</b>	0,0271	<0,00110	>98	<0,00110	>98
<b>PCB 101</b>	0,0341	<0,00110	>98	<0,00110	>98

**Nedbrytning av PCB & PAH >98% med bara fotokatalys**

*Nedbrytning av PAH med fotokatalys (UVC+TiO<sub>2</sub>) och fotoelektrokatalys (UVC+TiO<sub>2</sub>+EI) i klar vattenlösning.*

	<b>Obehandlat</b> <b>µg/l</b>	<b>UVC+TiO<sub>2</sub></b> <b>µg/l</b>	<b>Nedbrytning</b> <b>%</b>	<b>UVC+TiO<sub>2</sub>+EI</b> <b>µg/l</b>	<b>Nedbrytning</b> <b>%</b>
<b>ΣPAH-L</b>	1,87	0,0125	>99	0,0125	>99
<b>ΣPAH-M</b>	9,27	0,015	100	0,015	100
<b>ΣPAH-H</b>	13,3	0,02	100	0,029	100
<b>ΣPAH-16</b>	24,4	0,0475	100	0,029	100

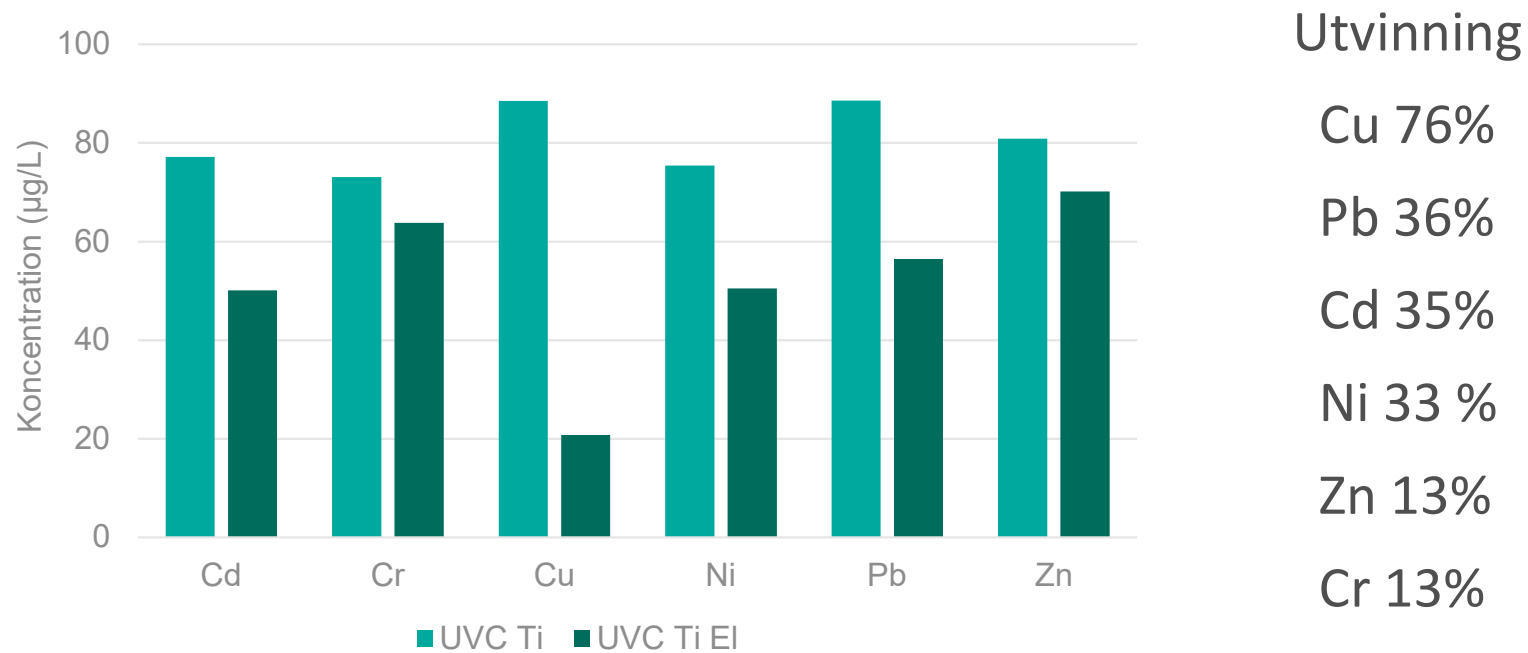
# VATTENLÖSNINGAR - TBT



Nedbrytning av TBT >99%  
med fotokatalys och  
fotoelektrokatalys

Nedbrytning av  
tennorganiska föreningar  
84-88%

# VATTENLÖSNINGAR - METALLER



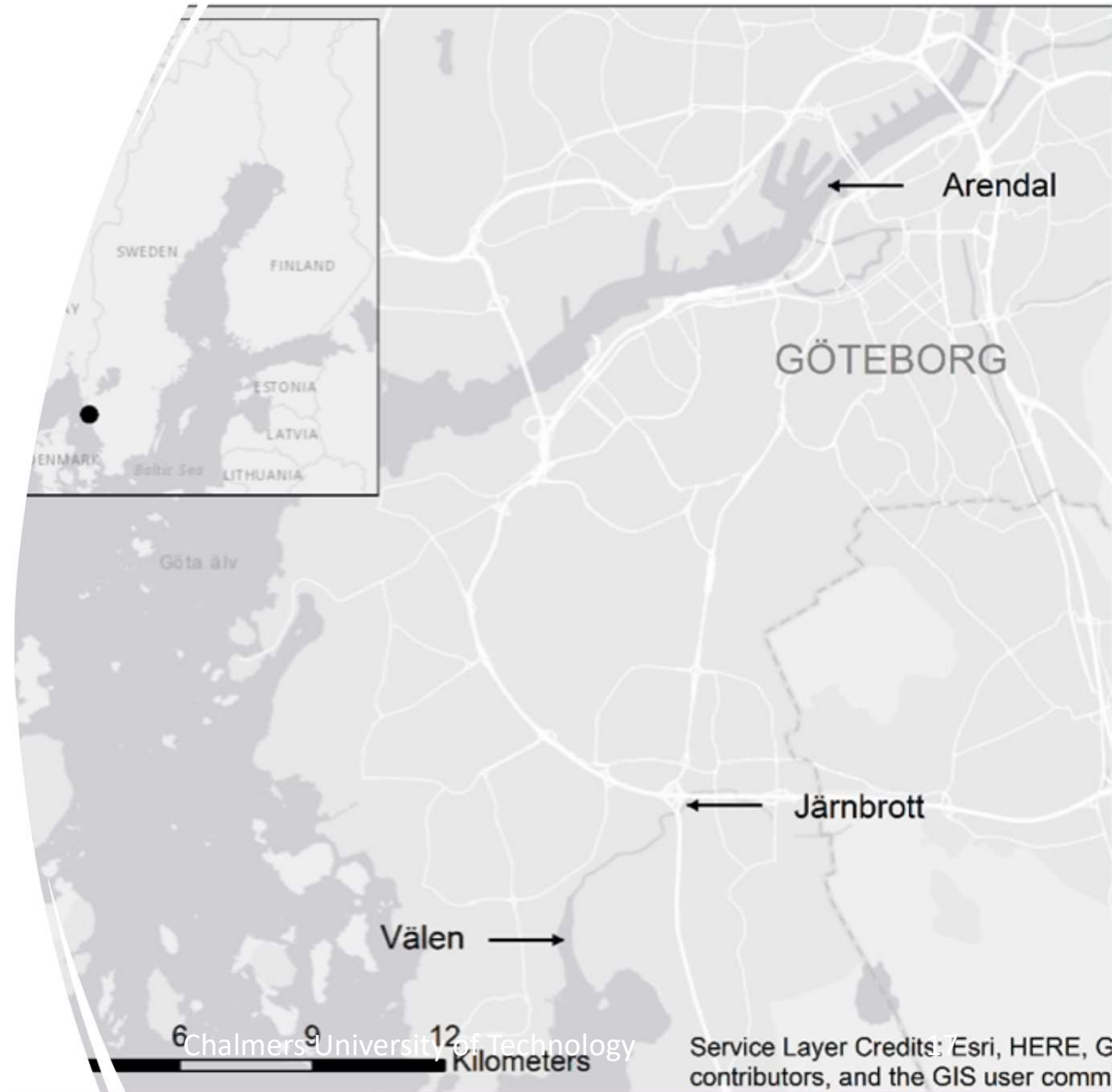


# FÖRORENADE SEDIMENT

---

## Sediment från:

- Arendal Göta älv
- Välenviken i Askim
- Järnbrottsdammen, dagvatten från Högsbo



11/7/2022

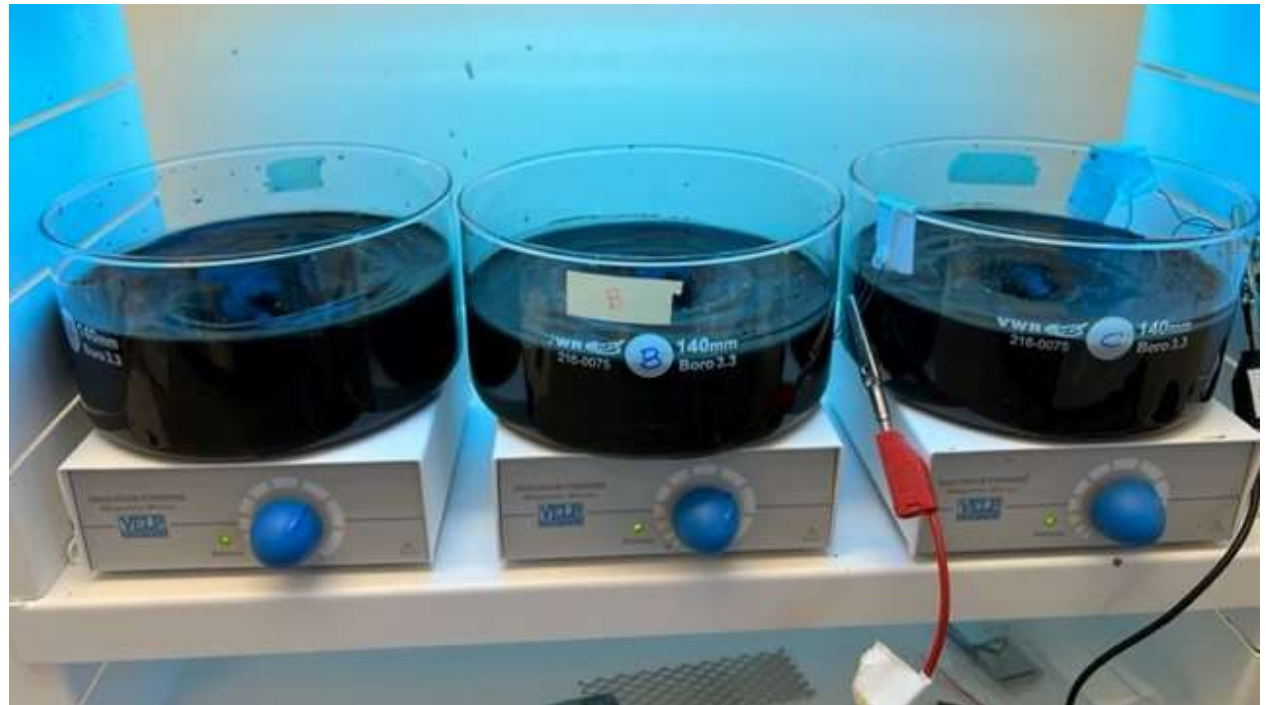
## Försökuppställning 1:

A = UV-Ljus fotooxidation

B = UV-Ljus + fotokatalytisk  $\text{TiO}_2$   
platta

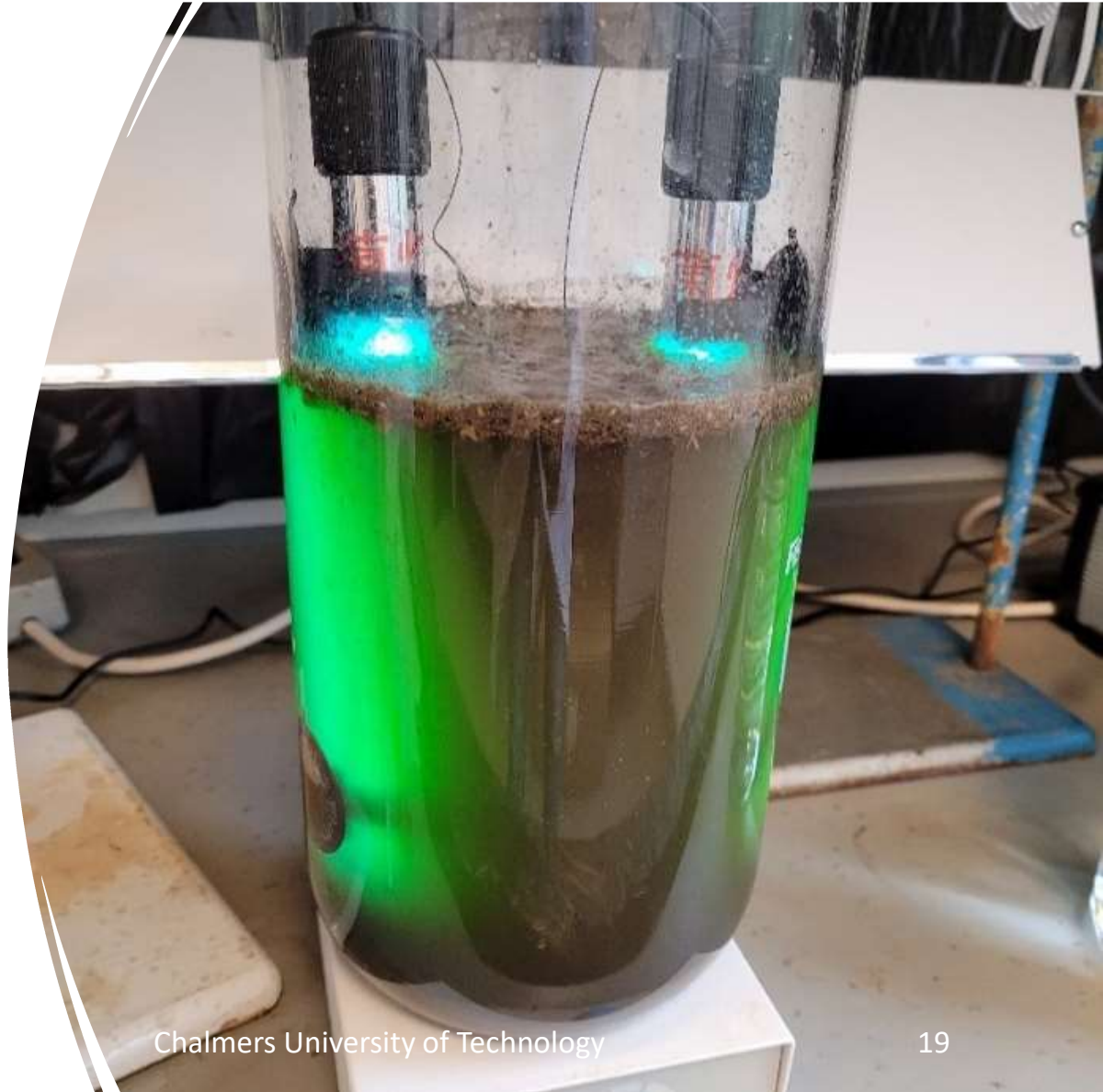
C = UV-Ljus + fotokatalytisk  
 $\text{TiO}_2$ anod + Ti-katod

---



**Försökuppställning 2:  
UV-lampor nedsänkta i suspensionen och  
fotokatalytiska TiO<sub>2</sub>-plattor**

---



11/7/2022

Chalmers University of Technology

19

**Försökuppställning 3:  
Recirkulation av sedimentsuspension  
genom UV-kammare med enbart  
fotooxidation**

---

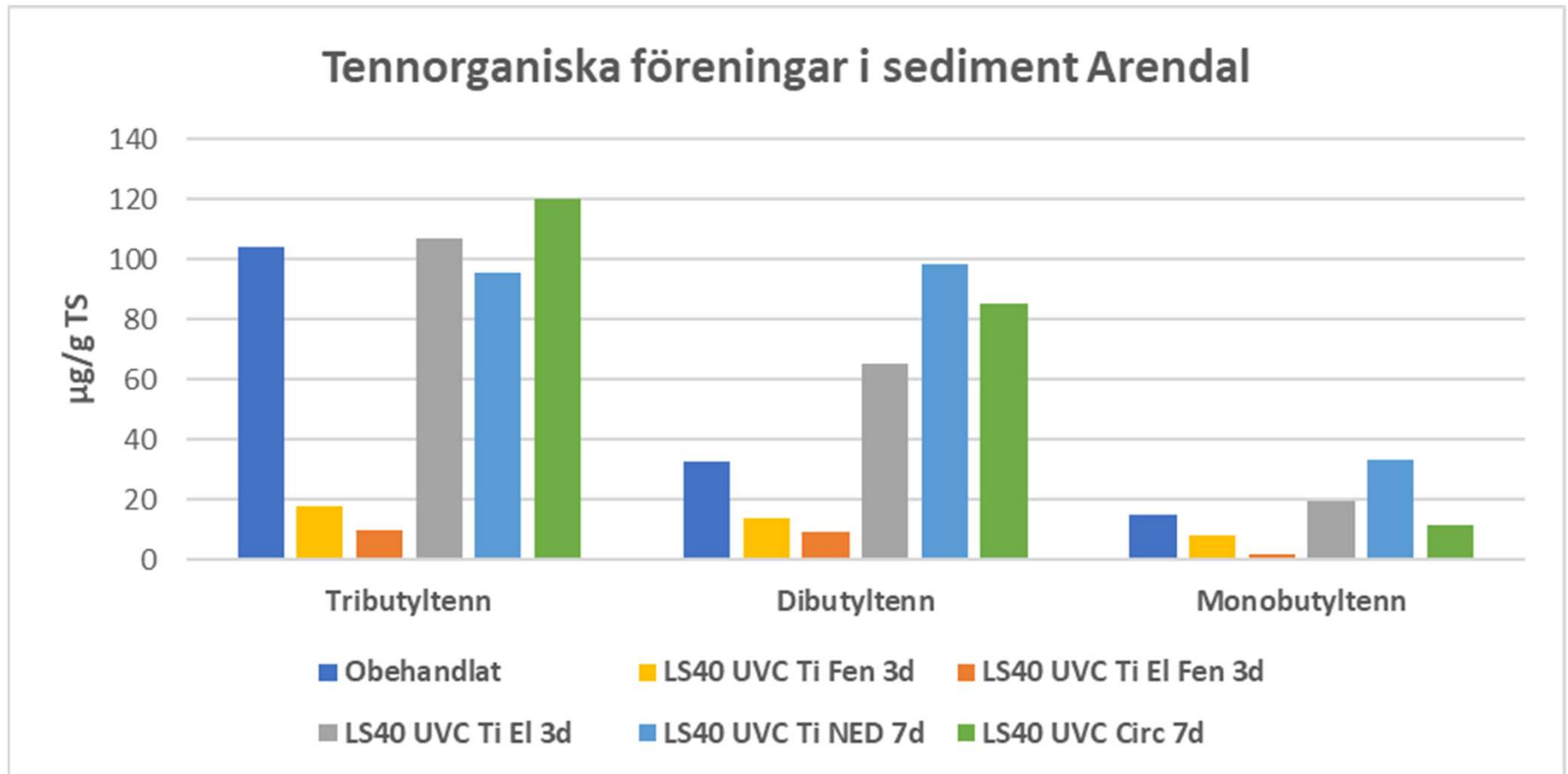


11/7/2022

Chalmers University of Technology

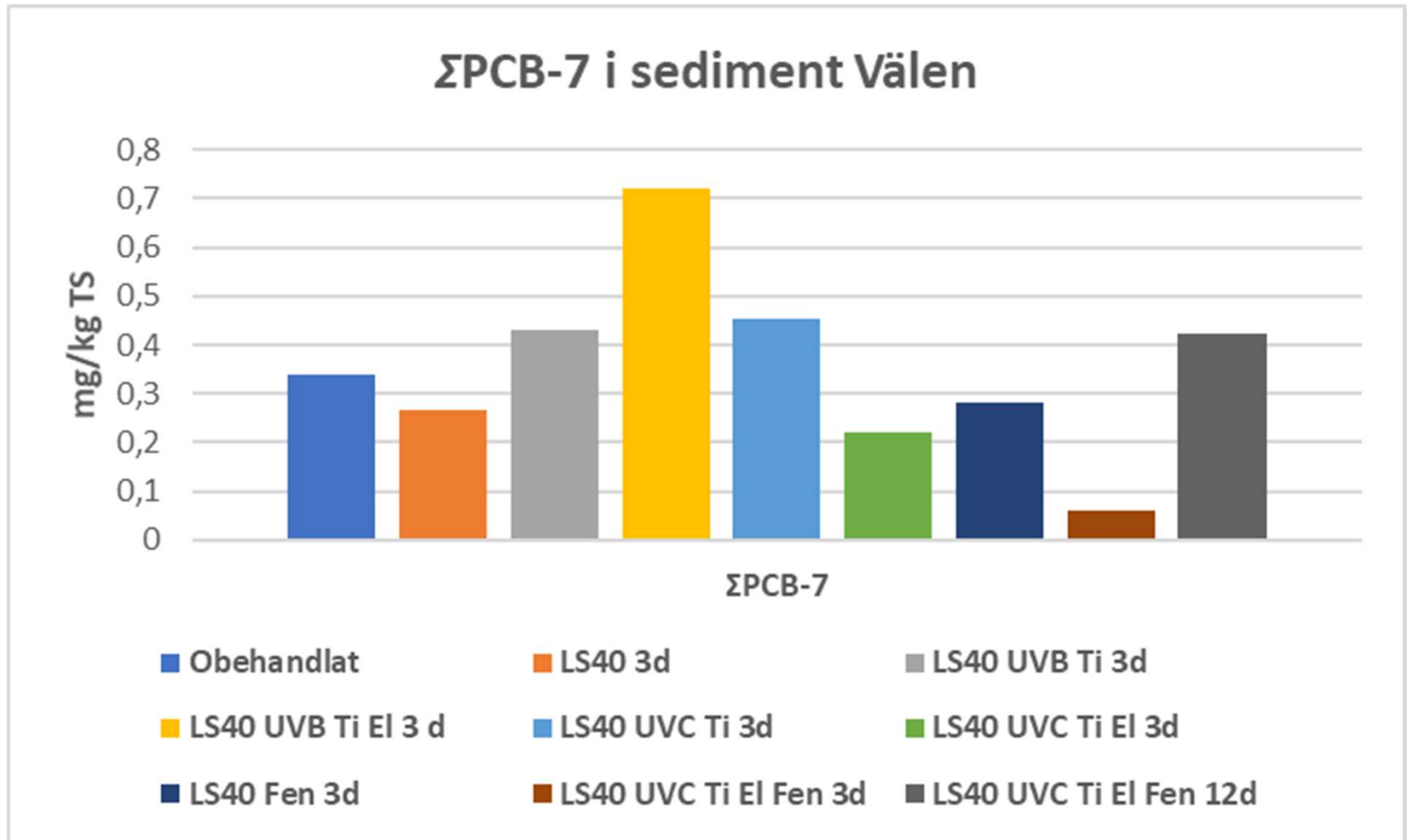
20

## Tennorganiska föreningar i sediment Arendal

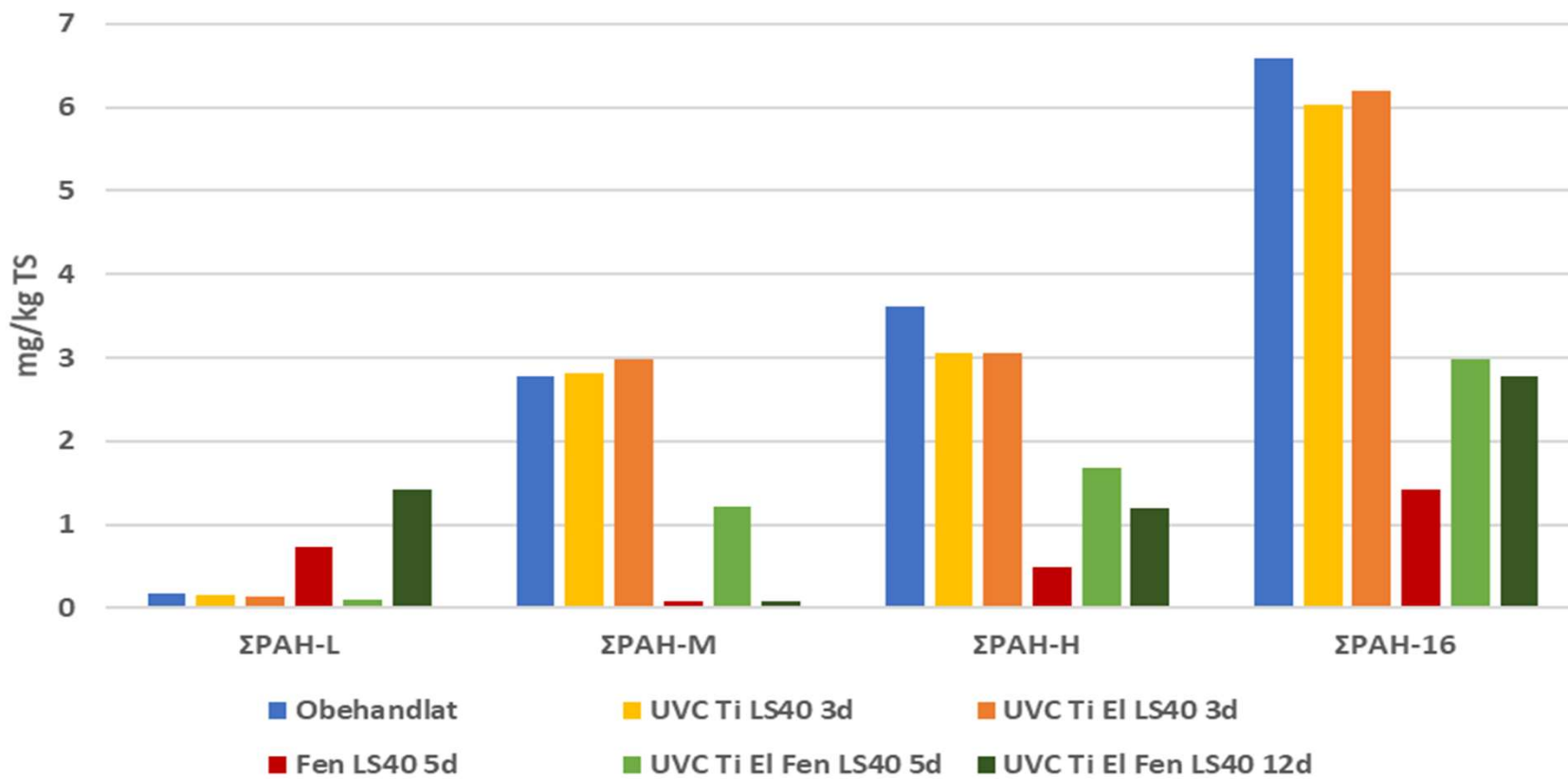


**LS40 UVC+Ti+El+Fen reduktion med 91 %, 72 %, och 87 % respektive för TBT, DBT och MBT**

## ΣPCB-7 i sediment Välen

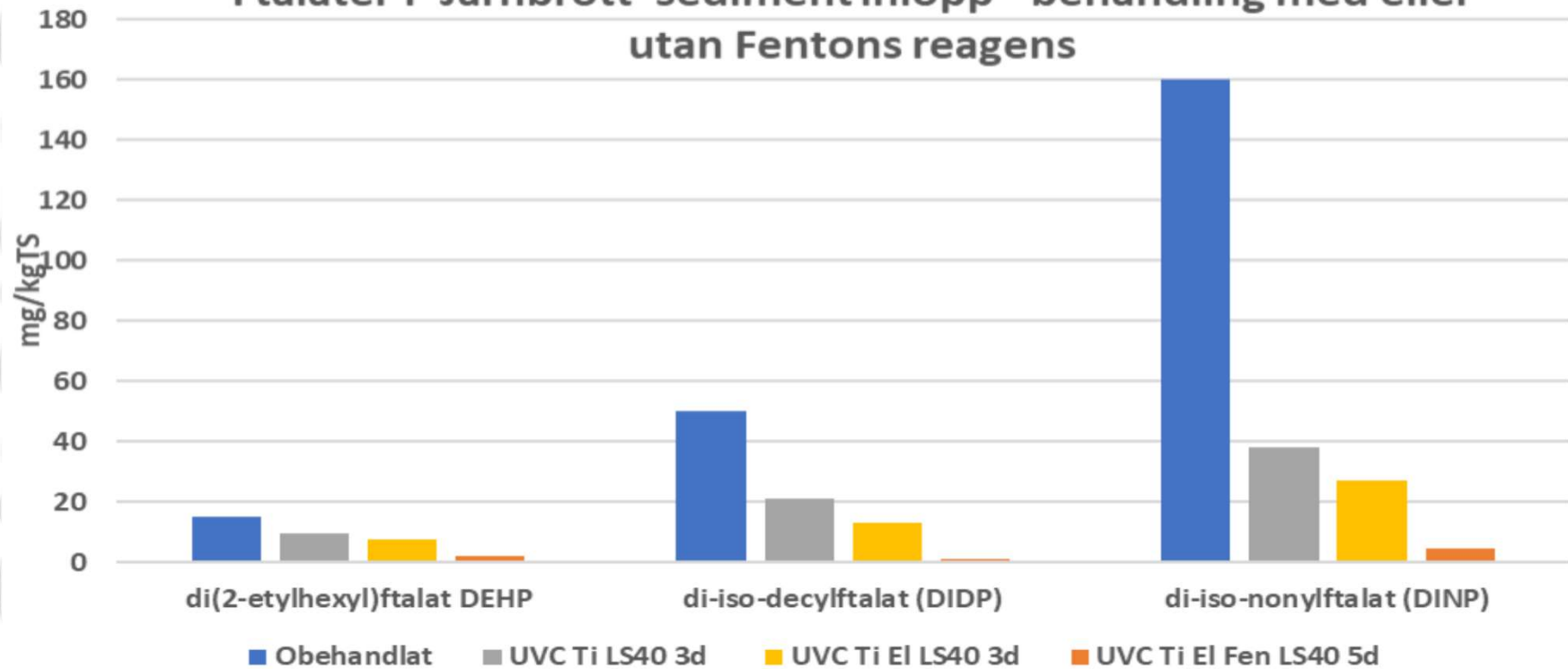


## PAH i sediment Järnbrott inlopp - behandling med eller utan Fentons reagens



Nedbrytning 6–79 %, bäst där endast Fentons reagens har använts för behandling

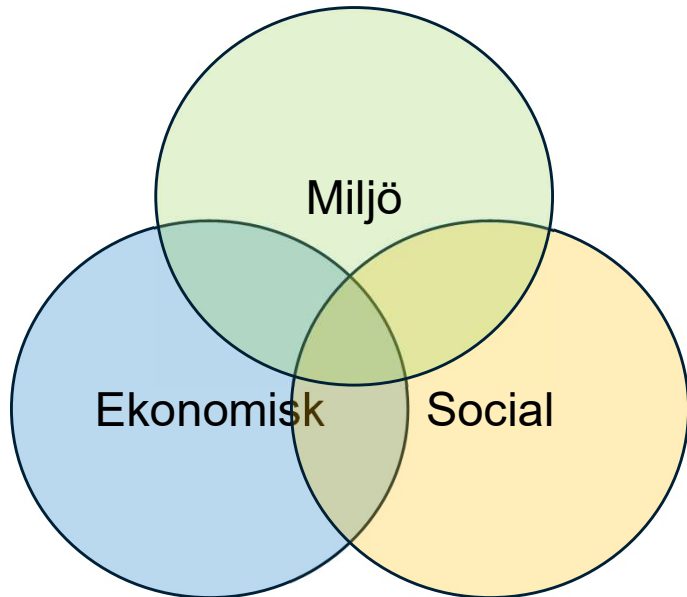
## Ftalater i Järnbrott sediment inlopp - behandling med eller utan Fentons reagens



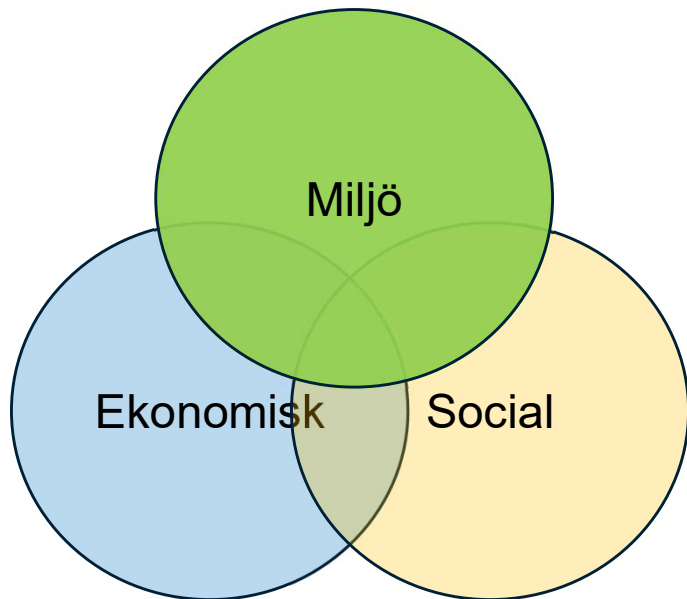
**Nedbrytningen av ftalaterna mer effektiv 34–98 %**



# ÄR DENNA METOD HÅLLBAR?



# HÅLLBARHET



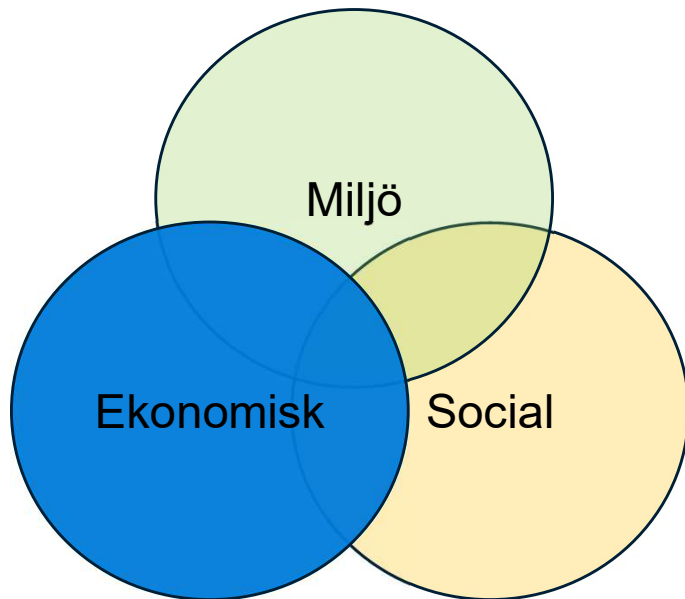
Minskade effekter vid deponering  
Giftiga föroreningar (TBT, PCB, PAH, Metaller)

Minskad klimatpåverkan (transporter)

Deponering (land)	1600 <i>kg CO<sub>2</sub></i>
Deponering (land + hav)	1530 <i>per 100 m<sup>3</sup></i>
Elektrolys + deponering (land)	777
Elektrolys + deponering (land + hav)	714

Svensson et al. Integrated cost and environmental impact assessment of management options for dredged sediment. Waste Manag. 2022, 138, 30-40.

# HÅLLBARHET



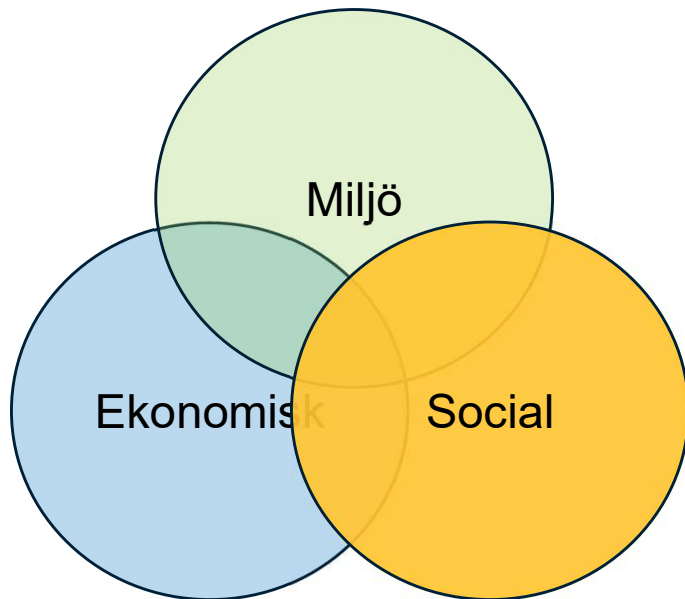
Konkurrens om deponi nu när fler projekt vill dumpa massor  
Högre krav för deponering

Högre kostnad

Lägre halter av föroreningar kan leda till fler alternativ istället för deponering och mindre kostnad

Osäker behandlingskostnad på grund av bristande kunskap om uppskalning

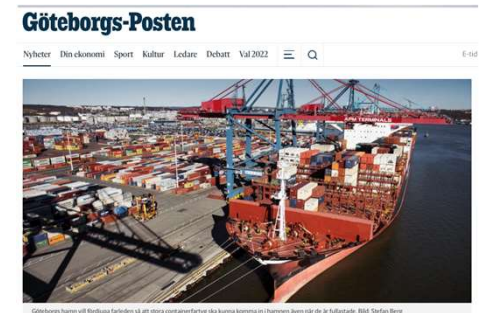
# HÅLLBARHET



Behov av att hantera massorna från samhällsviktiga infrastrukturprojekt (t.ex. Hamnen, Västlänken)

Sociala konsekvenser av dumpning

Krav på vad som får dumpas och var



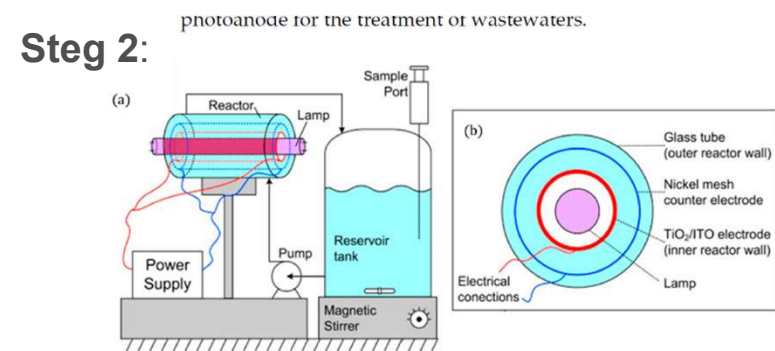
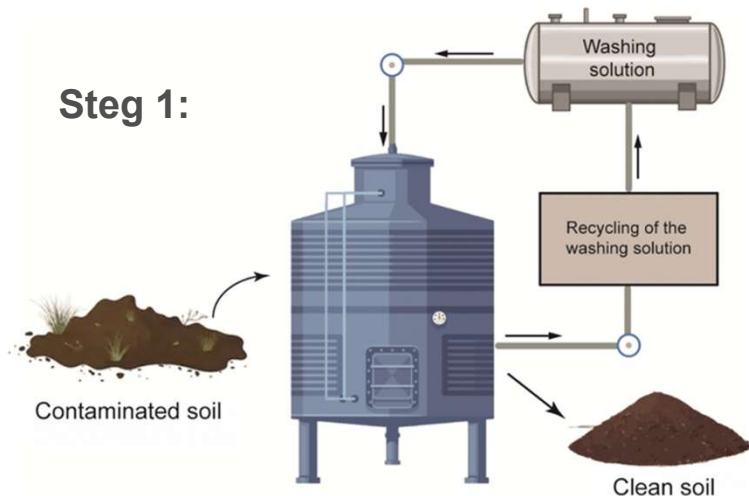
Den här artikeln kan bara du som prenumererar läsa

## Stopp för att dumpa giftig lera vid Vinga

Göteborg • Göteborgs hamn ska muddra för att göra plats för stora fullastade containerfartyg. Men de får inte dumpa förorenade massor i havet utanför Vinga. Nu måste de hitta en lösning för 285 000 kubikmeter mestadels giftig lera. Projektet kan bli upp till 150 miljoner dyrare.

# TILLÄMPBARHET FOTOELEKTROKATALYS

Metoden med fotokatalytisk elektrolys fungerar mycket effektivt på klara vattenlösningar för nedbrytning av PAH, PCB och utvinning av Cu, men är mycket mindre effektiv för vid behandling av en blandning av sediment och vatten. **Därför föreslås att metoden utvecklas vidare i olika kombinationer där förorening extraheras från sediment till vätskefas vilken därefter behandlas med fotoelektrokatalys.**



**Figure 9.** (a) Schematic representation of the experimental set-up, (b) PEC reactor cross-sectional view. (Adapted with permission from [46]: Pablos, C.; Marugán, J.; Adán, C.; Osuna, M.; van Grieken, R. Performance of TiO<sub>2</sub> photoanodes toward oxidation of methanol and *E. coli* inactivation in water in a scaled-up photoelectrocatalytic reactor. *Electrochim. Acta* 2017, 258, 599–606, doi:10.1016/j.electacta.2017.11.103. Copyright (2017), Elsevier (Amsterdam, The Netherlands)).