

Företag/organisation: Kretslopp och vatten,
Göteborgs Stad

Anläggning: Vattenverket Lackarebäck och
Alelyckan

Plats: Bäckravinsgatan 5, Mölndal
Gamlestadsvägen 315, Göteborg.

Datum för innovationsverkstaden

Vattenverkens restströmmar – hur kan de användas som resurs?

Sammanfattning

Göteborgs stad och Kretslopp och vatten har höga målsättningar avseende miljö och klimat. En betydande miljöpåverkan kommer från användande av fällningskemikalier inom vattenproduktionen.

Fällningskemikalier tillsätts för att binda in föroreningar och kalk tillsätts för att skydda dricksvattennätet från korrosion. Föroreningarna binds i flockar som avskiljs i en restström från sedimenteringsbassänger som avleds till det regionala avloppsreningsverket. I restströmmar hamnar även en del av kalken som inte når dricksvattnet, detta orsakar igensättningar i avloppsnätet och kostnader i form av omhändertagande av avfallet.

Kretslopp och vatten önskar hitta effektiva sätt att omhänderta restströmmar - i första hand bestående av aluminiumslamhaltigt vatten och kalkslam - från vattenverk för att:

- Minska uttag av jungfruliga produkter (genom bättre teknik för att nyttja insatsvaror, eller genom att möjliggöra återanvändning efter rening).
- Minska kostnader för omhändertagande av restströmmar.
- Skapa nytta av restströmmarna i stället för ett avfall.

1 Problemdefinition

Ytvattenverk svarar för ungefär hälften av Sveriges dricksvattenförsörjning. För att rena vattnet från föroreningar använder de allra flesta ytvattenverk fällningskemikalier bestående av polyvalent aluminium eller järn. Även tillsats av kalk är vanligt för att skydda dricksvattennätet från korrosion.

Produktion av fällningskemikalier och kalk orsakar klimat- och miljöpåverkan. Enligt Klimatberäkningsverktyg för VA-anläggningar (Svenskt Vatten 2025) ger produktionen

av aluminiumsulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) en klimatpåverkan med 294 $\text{CO}_2\text{e}/\text{ton}$. Produktionen av bränd kalk (CaO) ger 1150 $\text{CO}_2\text{e}/\text{ton}$. Till detta kommer påverkan från transporterna. När de sedan hamnar i restströmmar ger det ytterligare klimat- och miljöpåverkan samt kostnader för kvittblivning i stället för att tillvaratas som resurs.

För Göteborgs vattenverk används aluminiumsulfat där positivt laddat aluminium attraherar partiklar, som mikroorganismer, annat organiskt material, lera med mera, som har negativ nettoladdning. Avskiljningen av flockarna sker huvudsakligen i sedimenteringsbassängerna där vattenblandat slam avleds till det regionala avloppsreningsverket.

Vid avloppsreningsverket kan restströmmen ha viss nytta för flockbildning, men belastar flödesmässigt reningen. Slammet från vattenverken tar upp volym i rötning, men tillför relativt lite organiskt material och den låga fosforhalten begränsar möjliga gödselgivor i jordbruket.

Tillsatsen av kalk skyddar dricksvattennätet från korrosion, men all kalk når inte det färdiga dricksvattnet. Det bildas restströmmar som orsakar igensättningar i avlopps nätet och kostnader för omhändertagande som avfall.

Den avledning som idag förekommer till avloppsreningsverk kommer till stor del att behöva upphöra för att avlasta avloppsreningsverket både avseende slamhaltiga vattenflöden. Göteborgs vattenverk behöver därför avvattna det slamhaltiga vattnet och hitta en annan metod för att hantera slammet, vilket innebär synergieffekter med användning av restströmmarna.

Ur ett miljö- och beredskapsperspektiv vore det optimalt om restströmmarna kan återanvändas på anläggningen för att minska behov av inköp av nya kemikalier samt nå ett cirkulärt system. Det kan dock finnas skalfördelar av att återvinna fällningskemikalier från flera vattenverk i samma anläggning. Kommunallagen tillåter inte affärsdrivande verksamhet i större omfattning, vilket begränsar möjligheten att sälja återvunna kemikalier.

2 Förutsättningar

Vid Göteborgs vattenverk används 2146 ton aluminiumsulfat och 1225 ton bränd kalk per år, se tabell 1.

Tabell 1. Produktion av dricksvatten samt förbrukning av fällningskemikalier vid Göteborgs vattenverk 2024.

	Alelyckan	Lackarebäck	Totalt
Produktion ($\text{Mm}^3/\text{år}$)	29,2	30,4	59,6
Aluminiumsulfat (ton/år)	1038	1108	2146
Kalk (ton/år)	607	618	1225

Fällningskemikalierna tillsätts innan sedimenteringsbassängerna där föroreningar bildar flockar som sedan avskiljs. Det avskilda slammet leds sedan vidare till det regionala avloppsreningsverket, se figur 1. Vattenverken producerar ca 500 – 800 ton fällningsslamslam årligen med en suspenderad halt kring 14 – 20 g SS/m³.

Aluminiumsulfat

Ingående aluminiumsulfat består av aluminium, sulfat och kristallbundet vatten. Eftersom tillsatsen sker till vattnet som ska bli dricksvatten är kraven på renhet mycket höga.

Aluminiumhalten i producerat dricksvatten är lägre än i ingående råvattnen, vilket innebär att all tillsatt aluminium avskiljs och hamnar i restströmmarna. Totalt innehöll restströmmarna ca 740 ton aluminium 2024. Se tabell 2 för föroreningsinnehåll.

Tabell 2. Resultat av stickprover föroreningsinnehåll för slamhaltigt vatten som avletts till det regionala avloppsreningsverket Gryaab.

		Lackarebäck 2011-2025 (ej 2016)			Alelyckan 2013-2025 (ej 2016-2017)		
		(olika lab)		Medel	(olika lab)		Medel
		Min	Max		Min	Max	
ton/år	TS	420,0	545,4	491,8	592,0	890,0	718,0
	GR	155,4	279,7	220,5	340,8	554,5	433,1
kg/år	P	140,8	197,7	176,0	315,2	534,0	407,6
kg/år	Cu	18,9	26,9	22,7	20,7	32,1	24,4
kg/år	Ag	0,0	3,0	0,5	0,1	4,2	0,5
kg/år	Hg	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
kg/år	Zn	15,3	28,2	23,0	31,4	65,0	44,3
kg/år	Sb	0,4	3,0	1,2	0,4	4,2	1,3
kg/år	Cd	0,0	0,3	0,1	0,0	0,4	0,1
kg/år	Pb	0,5	6,5	3,6	0,8	6,4	4,1
kg/år	Cr	1,4	12,4	3,8	7,7	15,1	10,0
kg/år	Ni	3,7	14,8	5,2	6,8	11,1	8,3
ton/år	Al	86,7	113,0	97,0	94,4	127,0	108,1

Kalk

Kretslopp och vatten köper kalk som lägst uppfyller standard SS-EN 12518:2014, klass 1, grad 1, typ 1. För kalkhalt frångår Kretslopp och vatten standard och kräver minst 92% (std > 87)

Table 2 — Impurities

Impurity	Limit in mass fraction in % of dry product		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Si expressed as SiO ₂ max.	2,5	3,0	4,0
Al expressed as Al ₂ O ₃ max.	0,5	1,0	2,0
Fe expressed as Fe ₂ O ₃ max.	0,5	1,0	1,5
Mn expressed as MnO ₂ max.	0,2	0,4	0,5
CaCO ₃ max.	7,0	8,0	9,0
NOTE	The user can specify a lower content of impurities.		

Table 4 — Chemical parameters

Parameter	Limit in mg/kg of dry product	
	Type 1	Type 2
Arsenic (As) max.	5	20
Cadmium (Cd) max.	2	2
Chromium (Cr) max.	20	20
Mercury (Hg) max.	0,3	0,5
Nickel (Ni) max.	10	20
Lead (Pb) max.	10	50
Antimony (Sb) max.	3	4
Selenium (Se) max.	3	4

NOTE 1 Other chemical parameters and indicator parameters are not relevant in high-calcium lime because the raw materials used in the manufacturing process are free of them. For parametric values of high-calcium lime on trace metal content in drinking water, see Directive 98/83/EC [1].

NOTE 2 The user can specify a lower content of chemical parameters.

Kalciumhalten ökar med ca 12 mg/l från råvatten till dricksvatten baserat på medianvärden 2024. Detta motsvarar 715 ton Ca.

Volymen vatten med kalkslam uppskattas till 300 - 400 ton per vattenverk och år. För kalkslammet finns inte representativa stickprover. I nuläget tas det om hand som Farligt avfall pga. det höga pH-värdet.

Systembegränsningar:

Avvattnings bör ske i anslutning till vattenverken. En återvinningsprocess bör ske gemensamt för fler vattenverk för att bli kostnadseffektiv. De metoder för återvinning som fällningskemikalie Kretslopp och vatten känner till är dessutom av en helt annan typ än vattenverk har kompetens för att hantera.

3 Tidigare försök och utmaningar

Med avsikt att tillämpbara lösningar har Kretslopp och vatten fokuserat på att minska restströmmarna. Detta görs genom utveckling av styrningen för kemikaliedosering, vilket ger lägre aluminiumsulfatdoser samtidigt som risken för underdosering minimeras. Även kalksystemen optimeras bland annat med en ny kalkanläggning som tas i drift på Alelyckan under 2026. Den nya anläggningen har större volym samt har försetts med returpumpning vars styrning och storlek tagits fram med flödesmodellering.

Studier av möjligheter att återvinna fällningskemikalier från vattenverksslam har genomförts av andra. Publicerade artiklar visar att försök har pågått åtminstone sedan 1974 och det är ett fortsatt aktivt forskningsområde. Inga tillämpningar i fullskala av återvinning av fällningskemikalier har identifierats. Exempel på forskning inom området ses i bilaga.

Sammanfattningsvis finns tydlig vetenskaplig och teknisk potential för återvinning av fällningskemikalier från vattenverksslam, både i Sverige och internationellt, men det verkar sedan årtionden handla om pilotanläggningar. För att det ska bli tillämpningar i fullskala för dricksvatten krävs:

- Ekonomi och klimat/miljöpåverkan som försvarar extrema processer med mycket lågt pH, höga och låga temperaturer, samt höga tryck och i vissa fall tillsats av andra fällningskemikalier.
- Noggranna riskbedömningar där kvalitetspåverkan på dricksvattnet visat sig kritisk och lett till användning för andra användningar är aktuellt.
- Acceptans från myndigheter och tillåtande regelverk.

Om inte återvinning av aluminium eller kalk går att realisera finns det andra möjliga användningar av vattenverksslammet som i dagsläget inte görs i Sverige. I Utredning hantering av vattenverksslam (Sweco 2022) beskrivs avsättning från några vattenverk i Sverige:

- SVOA (Stockholm), jordtillverkning och spridning på jordbruksmark
- Norrvatten, deponitäckning samt jordförbättring
- Sydsvatten, biogasanläggningar och deponering
- Kretslopp och Vatten (Göteborg), leds till avloppsreningsverk
- Mälarenergi (Västerås), leds till avloppsreningsverk
- NODRA (Norrköping), leds till avloppsreningsverk
- Kungälv, deponering

Andra användningsområden för vattenverksslam som studerats och sammanfattas i Swecos rapport är:

- Superkritisk oxidation som innebär att slammet värms upp till $>374,1^{\circ}\text{C}$ och utsätts för ett tryck på minst 221 bar. Vattnet övergår då i en superkritisk fas med förändrade egenskaper. Genom tillsats av syre till det superkritiska vattnet, erhålls en omedelbar snabb oxidation av allt organiskt material i vattnet.
- Det möjligt att tillverka tegelsten genom inblandning av vattenverksslam, men applikationen är ej tillämpbar i Sverige eftersom ingen tegelproduktion sker i landet för närvarande.
- Vattenverksslam har potential att förbättra miljön i system där fosfor bidrar till eutrofiering genom placering på lägen där vattenverksslammet kan binda mobil fosfor i mark och i sediment.
- Vattenverksslam (aluminiumbaserat) som delråvara för tillverkning av cement är en tillämpning som både gett goda resultat vid försök och som används i fullskala i samarbete mellan vattenverk och cementfabrik i Vancouver, Kanada.

4 Önskat resultat

Minskat klimatavtryck från produktionen och hanteringen av vattenverksslam på ett kostnadseffektivt sätt utan risker för dricksvattenförsörjningen. Kretslopp och vatten hopas kunna hitta lösningar som kan testas i lab/pilotskala och så småningom kan skalas upp i fullskala.

5 Referenser

Sweco. (2022) Utredning hantering vattenverksslam. Svenskt Vatten (<https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/produkt/utredning-hantering-vattenverksslam/>)

Bilaga artiklar

Författare / år /källa	Titel	Vad undersöks / huvudresultat
S. Sharma, M.M. Ahammed (2025) (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)	<i>Use of recovered coagulant from water treatment sludge for greywater treatment</i>	Återvunnen aluminium-koagulant testas för gråvatten (greywater). Resultaten visar likvärdig eller bättre reningsprestanda jämfört med färsk koagulant för turbidity, COD, fosfat etc.
A.G. Mora-León, C.C. Castro-Jiménez, J.C. Saldarriaga-Molina, E.F. García A, M.A. Correa-Ochoa (2022) (sciencedirect.com)	<i>Aluminium recovered coagulant from water treatment sludge as an alternative for improving the primary treatment of domestic wastewater</i>	Återvunnen aluminium-koagulant jämfördes med kommersiell koagulant vid primär avloppsbehandling. Hög turbidity-borttagning och 76.3 % återvunnen Al.
D. P. Ruziqna, N. Suwartha, S. S. Moersidik, S. Adityosulindro (2020) (scholar.ui.ac.id)	<i>Aluminium Recovery from Water Treatment Sludge as Coagulant by Acidification</i>	Aluminium återvinns från slam via acidification; återvunnen koagulant jämförs med ren koagulant. Återvinningspotential beroende på pH och omrörningshastighet.
J. Keeley, P. Jarvis, A.D. Smith, S.J. Judd (2016) (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)	<i>Coagulant recovery and reuse for drinking water treatment</i>	Studerar olika metoder för att rena återvunnen järn-koagulant från dricksvattenverk, för att uppnå renhetsnivåer jämförbara med ny koagulant.
R. Albrektienė, K. Karaliūnas, K. Bazienė (2019) (mdpi.com)	<i>Sustainable Reuse of Groundwater Treatment Iron Sludge for Organic Matter Removal from River Neris Water</i>	Återanvändning av järnslam (grundvattenrening) för att ta bort organiskt material och färg från ytvatten.

Författare / år /källa	Titel	Vad undersöks / huvudresultat
T.Y. Ooi, E.L. Yong, M.F. Md Din, S. Rezania, E. Aminudin, S. Chelliapan, et.al. (2018) (sciencedirect.com)	<i>Optimization of aluminium recovery from water treatment sludge using Response Surface Methodology</i>	Parametrar (syra, fast/vätske-ratio, temperatur) optimeras för maximal återvinning; 68.8 % aluminium återvunnen.
W. Mukhtar, V. Sharma, R. Raut, R. Sonune (2020) (techjournals.stmjournals.in)	<i>Recycle and Reuse of Water Treatment Plant Sludge as a Coagulant in Sewage Treatment Plant</i>	Utvärderar möjligheten att använda vattenverksslam som koagulant i avloppsreningsverk, med syftet att minska kemikalieåtgång och slam-hantering.
T. Ahmad, K. Ahmad, A. Ahad, M. Alam (2016) (sciencedirect.com)	<i>Characterization of water treatment sludge and its reuse as coagulant</i>	Karaktärisering av vattenverksslam och återanvändning som koagulant.
A.T. Nair, M.M. Ahammed (2014) (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)	<i>Coagulant recovery from water treatment plant sludge and reuse in post-treatment of UASB reactor effluent treating municipal wastewater</i>	Koagulant löst ut med svavelsyra kan återanvändas i efterbehandling av UASB-reaktorens utflöde; god rening av turbidity, fosfat, suspension etc.
G.R. Xu, Z.C. Yan, Y.C. Wang, N. Wang (2009) (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)	<i>Recycle of Alum recovered from water treatment sludge in chemically enhanced primary treatment</i>	Återvunnen alum (Al-koagulant) kan användas i CEPT, med 84.5 % återvinningsgrad och likvärdig turbiditets- och COD-reduktion.
R.K. Weeks (1974) (vtechworks.lib.vt.edu)	<i>Iron recovery from a representative water treatment plant sludge</i>	Tidig studie om att lösa ut järn från slam med syra/bas, förbättrad avvattning och återvunnen järnprestanda som ny koagulant.
G.R. Xu, Z.C. Yan, N. Wang, G.B. Li (2009) (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)	<i>Ferric coagulant recovered from coagulation sludge and its recycle in chemically</i>	Återvunnen järn-koagulant kan återanvändas i CEPT med likvärdig rening och minskad slamvolym.

Författare / år /källa

Titel

**Vad undersöks /
huvudresultat**

*enhanced primary
treatment*