

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Urban Refinery – Tar rätt på resten	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Urban Refinery – Making use of the useless	
Universitet/högskola/företag Luleå tekniska universitet	Avdelning/institution SBN, Avfallsteknik
Adress 971 87 Luleå	
Namn på projektledare Lale Andreas	
Namn på ev övriga projektdeltagare Torben Bauer, Anders Lagerkvist (Avfallsteknik, LTU) Marzieh Bagheri, Elisabeth Wetterlund, Marcus Öhman (Energiteknik, LTU) Linus Ekman Burgman, Harald Rohrer (Tema Teknik och social förändring, LiU) Björn Wallsten (Sociology, UU och Formas)	
Nyckelord: 5-7 st Avloppsslam, hållbarhet och cirkulära system, energiåtervinning, certifierings-system, lagstiftning, teknisk utveckling och processintegration, ekonomisk lönsamhet, sociotekniska system	

Förord

Denna rapport sammanfattar resultaten från forskningsprojektet ”Urban Refinery – Tar rätt på resten”, som genomfördes mellan 2018 och 2024. Projektet var en del av Forskarskolan Energisystem, ett program finansierat av Energimyndigheten i syfte att stimulera tvärvetenskaplig forskning om energisystemet och bygga kompetens kring samspelet mellan teknik och samhälle. Projektet ingick i etapp 2 av forskarskolan och genomfördes som tre doktorandarbeten placerade i olika forskarmiljöer, två på Luleå tekniska universitet på institutionerna för Samhällsbyggnad och naturresurser respektive Teknikvetenskap och matematik, och ett på Linköpings universitet (LiU) Tema Teknik och social förändring.

Denna slutrapport sammanfattar bakgrund, tillvägagångssätt och resultat från projektet. För mer detaljerade resultat rekommenderar vi de vetenskapliga publikationerna från projektet.

En referensgrupp som bestod av medlemmar från olika sektorer inom avloppsslamhantering tillförde unika perspektiv och kunskaper och bidrog till projektets framgång.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Inledning/Bakgrund	5
Genomförande	8
Resultat och diskussion.....	12
Publikationslista.....	19
Bilagor	22

Sammanfattning

Projektet "Urban Refinery – Tar rätt på resten" genomfördes inom Forskarskolan Energisystem FoES18, finansierat av Energimyndigheten, och syftade till att integrera biologiska och termiska behandlingsprocesser för avfall för att skapa ett mer resurseffektivt och hållbart energisystem. Tre doktorandprojekt vid Luleå tekniska universitet (LTU) och Linköpings universitet (LiU) undersökte detta. En referensgrupp från olika sektorer bidrog med viktiga perspektiv.

Projektet undersökte hur man kan förbättra energiåtervinning och resursanvändning genom att kombinera biologisk och termisk behandling av organiskt avfall. Målet var att utveckla nya koncept och hanteringskedjor, bedöma deras effektivitet och identifiera hinder för implementering. Projektets största förväntad nytta är utvecklingen av tvärvetenskaplig forskningskompetens inom energisystem, som förs vidare ut i samhället via doktorer som examineras.

De tre doktorandprojekt var följande

1. Torben Bauer (LTU Avfallsteknik): Undersökte de tvärvetenskapliga utmaningarna inom avloppsslamhantering och föreslog hållbarhetsförbättringar.
2. Marzieh Bagheri (LTU Energiteknik): Utförde tekno-ekonomiska analyser av behandlingsscenarier för avloppsslam och identifierade ekonomiska förutsättningar och hinder.
3. Linus Ekman Burgman (LiU Tema Teknik och social förändring): Analyserade historisk hantering av avloppsslam och dess användning.

De viktigaste resultaten är att (i) Effektiv hantering av avloppsslam kräver kombinerade tekniska, ekonomiska och sociala lösningar; (II) Uppdaterad lagstiftning och förbättrad samverkan mellan aktörer är nödvändigt för att övervinna nuvarande utmaningar och (III) Integration av biologiska och termiska metoder kan återvinna värdefulla resurser.

Som innovativa metoder undersöktes (a) Hydrotermisk karbonisering (HTC) som förbättrar avvattning, minskar energibehov och möjliggör fosforåtervinning, är dock ekonomiskt utmanande på grund av höga startkostnader, (b) Tillsats av Aska i rötkammaren vilket förkortar biologisk behandling från 15–20 dagar till fyra dagar och utvinnet gas effektivare och är särskilt fördelaktigt för mindre samhällen, och (c) en Kombination av biologiska och termiska behandlingsprocesser för att optimera energiåtervinning och resursutvinning, särskilt fosfor och kalium.

Projektets resultat har rapporterats i flera vetenskapliga publikationer samt presenterats vid konferenser, workshoppar och möten med intressenter. Fyra övergripande slutsatser redogör för både publicerade resultat och metaslutsatser baserade på kombinerade insikter:

- Föråldrade lagar och osäkerhet hindrar framsteg inom avloppsslamhantering.
- HTC och askbehandling erbjuder potential men kräver ekonomiska och tekniska justeringar.

- Forskningsfokus har skiftat från bortskaffning till resursutvinning, men det finns luckor i ekonomisk lönsamhet och implementering av ny teknik.
- För att uppnå hållbara lösningar krävs omfattande strategier för slamhantering.

Summary

The project "Urban Refinery – Making use of the useless" was carried out within the Research School in Energy Systems (FoES18), funded by the Swedish Energy Agency. Its aim was to integrate biological and thermal treatment processes for waste to create a more resource-efficient and sustainable energy system. This was explored through three doctoral projects at Luleå University of Technology (LTU) and Linköping University (LiU). A reference group from various sectors provided crucial perspectives.

The project investigated how to enhance energy recovery and resource utilization by combining biological and thermal treatment of organic waste. The goal was to develop new concepts and management chains, assess their effectiveness, and identify barriers to implementation. The project's greatest anticipated benefit is the development of interdisciplinary research expertise in energy systems, which will be disseminated into society through the graduates it produces.

The three doctoral projects were:

1. Torben Bauer (LTU Waste Science and Technology): Investigated interdisciplinary challenges in wastewater sludge management and proposed sustainability improvements.
2. Marzieh Bagheri (LTU Energy Engineering): Conducted techno-economic analyses of treatment scenarios for wastewater sludge and identified economic conditions and barriers.
3. Linus Ekman Burgman (LiU Theme Technology and Social Change): Analyzed the historical management of wastewater sludge and its utilization.

Key findings are that (i) Effective wastewater sludge management requires combined technical, economic, and social solutions; (ii) Updated legislation and improved collaboration between stakeholders are necessary to overcome current challenges; and (iii) Integration of biological and thermal methods can recover valuable resources.

Innovative methods explored include (a) Hydrothermal Carbonization (HTC); it improves dewatering, reduces energy needs, and enables phosphorus recovery but is economically challenging due to high initial costs; (b) Addition of Ash to the digestion chamber; it shortens biological treatment from 15–20 days to four days and extracts gas more efficiently, particularly beneficial for smaller communities; and (c) Combination of biological and thermal treatment processes to optimize energy recovery and resource extraction, particularly phosphorus and potassium.

The project's results were reported in scientific publications and presented at conferences, workshops, and stakeholder meetings. Four overarching conclusions summarize both published results and meta-findings based on combined insights:

- Outdated laws and uncertainty hinder progress in sludge management.
- HTC and ash treatment offer potential but require economic and technical adjustments.
- Research focus has shifted from disposal to resource recovery, but there are gaps in economic feasibility and implementation of new technology.
- Comprehensive strategies are needed for sustainable sludge management solutions.

Inledning/Bakgrund

Bakgrund och skäl till projektets genomförande

Effektiv avfallshantering är en grundläggande del av att bygga ett hållbart samhälle och ligger i linje med Sveriges strävan mot en cirkulär ekonomi, där resurser hålls inom samhällets kretslopp eller återförs till naturens kretslopp. Trots stora investeringar i avfalls- och avloppsinfrastruktur, kvarstår betydande outnyttjad potential för att integrera och effektivisera dessa system. Integrering av biologisk och termisk behandling av avfall har visat sig vara en lovande väg för att förbättra energiåtervinningen och produktionen av energibärare, samt för att hantera organiskt avfall mer effektivt. Det finns också en möjlighet att optimera resurser som fosfor och kalium genom att använda avfalls- och avloppssystemen på ett mer integrerat sätt.

Problembakgrund och utmaningar

Avfallshanteringens primära mål är att minska hälsorisker och miljöpåverkan. Traditionella metoder och drivkrafter bland olika aktörer har dock lett till varierande prioriteringar mellan energi- och materialåtervinning, vilket påverkar acceptansen för återvunna material och försvårar implementeringen av innovativa processer. En stor utmaning är att bryta sig fri från traditionella metoder inom avloppshantering och maximera nyttan från den storskaliga infrastrukturen. Särskilt biologisk och termisk behandling av organiskt avfall kan vara hinder på grund av tekniska, ekonomiska och regulatoriska faktorer. Avfallshantering är också ett komplext sociotekniskt system som kräver en helhetssyn för att lösa de målkonflikter och utmaningar som finns.

Projektets syfte och målsättning

Projektet syftade till att undersöka möjligheterna för att öka integreringen och samverkan mellan biologiska och termiska avfallsbehandlingsprocesser för att skapa ett mer resurseffektivt och hållbart energisystem. Målet var att:

1. Formulera nya systemlösningar och beskriva innovativa hanteringskedjor för interaktionen mellan biologisk och termisk behandling av organiskt avfall.

2. Bedöma dessa koncept vad gäller energi- och resurseffektivitet, samt deras miljömässiga och ekonomiska resultat.
3. Identifiera och analysera hinder mot ett utökat utnyttjande av sekundära biomaterial och föreslå lösningar utifrån olika aktörers perspektiv.

Projektet skulle också utvärdera tekniska och ekonomiska möjligheter för att förbättra avfallshanteringssystemet och därigenom stödja övergången till mer hållbara material- och energisystem.

Samhälls- och marknadsbehov

Genom att bättre utnyttja befintlig avfallsinfrastruktur kan vi minska behovet av primärresurser och förbättra ekonomin inom avfallshantering. Detta kan leda till ökad produktion av fasta bränslen, värme, el och biodrivmedel, samt nya produkter från olika avfallsflöden. Effektiv återvinning av organiskt avfall och en förbättrad hantering av avfallsrester kan också bidra till minskad miljöpåverkan och stödja en mer resurseffektiv cirkulär ekonomi.

Kunskapsläge och forskningsstrategi

Tidigare forskning har identifierat både tekniska och ekonomiska utmaningar inom avfallshantering. Stora investeringar har gjorts i avfallsinfrastrukturen i Sverige, men möjligheterna för att integrera avfallshantering med energisystemet är fortfarande inte fullt utnyttjade. Effektiv biologisk och termisk behandling kan förbättra återvinningen av organiskt avfall och minska innehållet av toxiska ämnen. Det finns potential att effektivisera och integrera avfallsbehandling med energisystemet för att öka produktionen av energibärare och andra energikrävande produkter. Kombinationen av biologisk och termisk behandling kan förbättra återvinningen av organiskt avfall och minska innehållet av toxiska ämnen. Termisk behandling kan skilja näringsämnen från giftiga föreningar och förstöra patogener och farmaceutiska föreningar. Avfallsförbränning kan användas för att utvinna värdefulla metaller och näringsämnen som fosfor och kalium. Dessa material kan sedan användas som insatsvaror i industriella processer eller som gödningsmedel.

Det finns ekonomiska och tekniska utmaningar, särskilt när det gäller biologisk återvinning av organiskt avfall. Förbehandlingsprocesser som krävs för vissa substrat försämrar ofta ekonomin, vilket gör att dessa processer inte är fullt lönsamma utan mottagningsavgifter.

Avfallshanteringssystemet påverkas av en komplex uppsättning faktorer, inklusive ekonomi, policy, lagstiftning och olika aktörers preferenser. För att uppnå ett mer resurseffektivt system krävs en tvärvetenskaplig ansats som inkluderar tekniska, ekonomiska, miljömässiga och sociologiska perspektiv.

Pågående forsknings- och utvecklingsprojekt vid LTU och andra institutioner fokuserar på teknik- och konceptdemonstrationer inom avfallshantering, och detta projekt bidrog till att utvärdera dessa koncept ur ekonomiska, energimässiga,

resurs- och miljösystemperspektiv. Projektet var tvärvetenskapligt och inkluderade LTU Avfallsteknik, LTU Energiteknik och LiU Tema Teknik och social förändring. Forskningsmetoden kombinerade energi- och miljösystemanalytiska angreppssätt med samhällsvetenskapliga perspektiv. Denna strategi möjliggör en helhetsförståelse för de tekniska, ekonomiska, institutionella och marknadsmässiga förutsättningarna som behövs för att förstå och förbättra avfallshantering och dess integration i energisystemet.

Hypoteser och forskningsfrågor

Hypotesen var att integrering av biologiska och termiska avfallsbehandlingsprocesser kan skapa material med hög användningspotential och värde. Forskningsfrågorna inkluderade:

1. Hur kan biologisk och termisk behandling integreras effektivt?
2. Vilka är de energi-, resurs- och miljömässiga effekterna av sådana integrationer?
3. Vilka hinder måste övervinnas för att realisera dessa möjligheter?

De detaljerade forskningsfrågorna i de olika doktorandprojekten återfinns nedan under Genomförande.

Förväntad nytta och bidrag

Projektets största förväntad nytta är utvecklingen av tvärvetenskaplig forskningskompetens inom energisystem, som förs vidare ut i samhället via doktorer som examineras. Projektet förväntades också bidra med ny kunskap för beslutsfattare och aktörer inom avfalls- och energisektorerna. Genom att demonstrera tekniska och ekonomiska möjligheter för integrerade avfallsbehandlingsprocesser skulle projektet stödja utvecklingen av mer hållbara material- och energisystem. Flera innovativa och genomförbara avfallshanteringskedjor presenteras, vilket kommer att leda till nya utvecklings- och demonstrationsprojekt anpassade efter lokala förutsättningar. Branschaktörer som söker effektivare avfalls- och energiåtervinningssystem involverades genom en aktörsfokuserad studie.

Forskningsresultaten integreras även i relevanta kurser vid medverkande akademiska avdelningar, exempelvis i civilingenjörsutbildningarna vid LTU, vilket sprider kunskapen vidare till framtida ingenjörer och tekniker. Projektet stödjer utvecklingen av en cirkulär ekonomi och bidrar till Sveriges mål om hållbara material- och energisystem.

Huvudman är Luleå tekniska universitet (LTU); samarbetspartners var LTU Avfallsteknik, LTU Energiteknik och Linköpings universitet (LiU) Tema Teknik och social förändring. Projektet finansierades av Energimyndigheten och har pågått mellan 2018 och 2024.

Genomförande

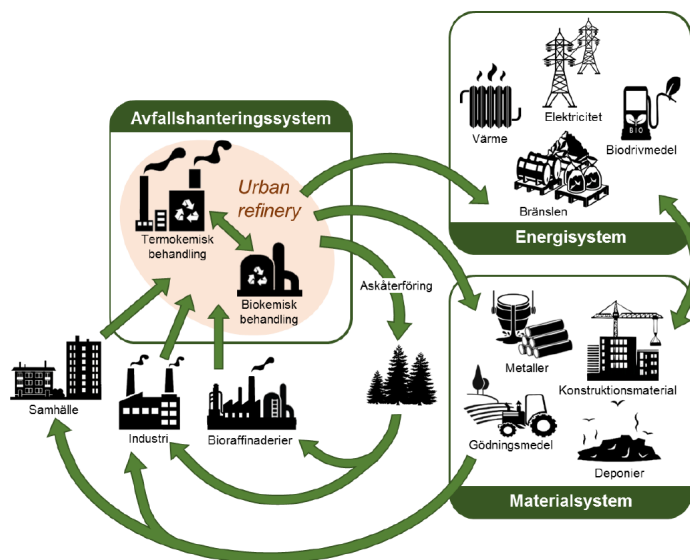
Projektet har genomförts inom ramen för Forskarskola Energisystem (FoES18) och har bedrivits som tre parallella doktorandprojekt, med en doktorand vid respektive forskningsavdelning (LTU Avfallsteknik, LTU Energiteknik, Linköpings universitet (LiU) Tema Teknik och social förändring). Arbetet har bedrivits som en sammanhållen satsning, där doktorandprojekten har haft täta samarbeten och dragit nytta av varandras resultat.

Systemet för hantering av organiskt avfall har här betraktats och undersökts som ett sociotekniskt system som står inför en förändring, med viktiga kopplingar till energi- och avfallssystemen (Figur 1). Ett tvärvetenskapligt arbetssätt i flera nivåer användes för att analysera systemet, där vi kombinerade energi- och miljösystemanalys med samhällsvetenskapliga metoder.

Bedömningen av samhällssystemet gjordes ur ett aktörs-, marknads- och beslutsfattarperspektiv genom intervjuer med intressenter, juridisk analys med inriktning på såväl nationell lagstiftning som lagstiftning på EU-nivå, samt litteraturgenomgångar.

Bedömningen av det tekniska systemet gjordes genom experimentell analys (från labb till fullskala) i kombination med teknoekonomiska och miljömässiga utvärderingar. Genom att ha forskning och utveckling i framkant på process- och komponentnivå skapades en stabil och tillförlitlig grund för övergripande processmodellering, vilket i sin tur användes för energi- och miljöbedömningar av det tekniska systemet.

Figur 1 visar en visualisering av det studerade systemet och en grafisk översikt av relationerna mellan delprojekten. Under år 1 (parallellt med det gemensamma kurspaketet) genomfördes en gemensam förstudie med syftet denna att kartlägga intressanta organiska avfall från t.ex. samhälle och industrier och att göra ett urval av processer och behandlingsalternativ för vidare detaljstudier.



Figur 1 Schematisk översikt av flöden och kopplingar i det studerade systemet.

Delprojekt 1 – Hållbar hantering av avloppsslam - tvärvetenskapliga utmaningar (LTU, Avfallsteknik)

Doktorand Torben Bauer, handledare Lale Andreas, Anders Lagerkvist (alla Avfallsteknik LTU), Elisabeth Wetterlund (Energiteknik LTU), Anders Damgaard (DTU Denmark, Circularity & Environmental Impact).

I detta delprojekt har Torben fokuserat på multidisciplinära utmaningar inom hantering av avloppsslam och hur dessa kan bemötas för att öka hållbarheten. Projektet fokuserar på att kombinera tekniska och icke-tekniska angreppssätt.

Avloppsslam är restprodukten från avloppsrening och innehåller både resurser och föroreningar, vilket gör dess hantering utmanande. Tidigare användes slammet ofta som gödningsmedel inom jordbruket, en praxis som fortfarande används i flera länder. Idag ifrågasätts denna praxis i Europa och särskilt i Sverige på grund av föroreningarna i slammet. Samtidigt får resurserna i slammet ökat fokus när samhället rör sig mot en cirkulär ekonomi och livsmedelsproduktionen bör bli mer motståndskraftig i en värld med geopolitiska utmaningar. I hållbar hantering av avloppsslam kombineras målen att immobilisera/förstöra föroreningarna och att utnyttja resurserna i slammet.

Frågorna som har undersökts är:

1. Vilka utmaningar hindrar en hållbar hantering av avloppsslam?
2. Vad orsakar och vad är effekterna av "silo-tänkande" inom hanteringen av avloppsslam?
3. Hur kan dessa utmaningar och "silo-tänkandet" bemötas?

Torben identifierar utmaningar inom olika discipliner och föreslår lösningar för att förbättra hållbarheten i hanteringen av avloppsslam. De diskuterade utmaningarna omfattar lagstiftning (EU och Sverige), uppfattning om slammet (Sverige), internationell forskning, och kombinationer av behandlingsmetoder. Resultaten visar att föråldrad lagstiftning och negativ uppfattning om slammet skapar osäkerhet, vilket försvårar implementeringen av tekniska lösningar. Projektet betonar vikten av tvärvetenskapliga angreppssätt och dialog mellan aktörer för att utveckla mer hållbara hanteringsmetoder, inklusive behovet av lagstiftningsuppdateringar.

Resultaten finns redovisade i vetenskapliga artiklar, samt i Torbens licentiat- (Bauer, 2021) och doktorsavhandling (Bauer, 2023).

Delprojekt 2 – Behandlingsscenarier för avloppsslam: Tekno-ekonomiska analyser av energi- och fosforåtervinning med fokus på implementeringsutmaningar (LTU, Energiteknik)

Doktorand Marzieh Bagheri, handledare Elisabeth Wetterlund, Marcus Öhman (alla Energiteknik LTU), Lale Andreas (Avfallsteknik, LTU).

I detta delprojekt har Marzieh Bagheri genomfört tekno-ekonomiska analyser av olika behandlingsalternativ för avloppsslam, med fokus på termokemiska behandlingsteknologier och fosforåtervinning. Analysen inkluderar både rumsliga aspekter och hela slambehandlingsprocessen, från behandling till slutprodukter och avfallshantering.

Projektet syftar till att bredda förståelsen av avloppsslamhushållning och identifiera implementeringsutmaningar samt ekonomiska krav för energi- och fosforåtervinning. Marzieh har använt energiteknisk modellering och systemanalys för att undersöka nya avfallshanteringskedjor och befintliga förbränningsanläggningars potential.

Fem forskningsfrågor har formulerats:

1. Vilka trender och kritiska frågor finns inom forskningen om avloppsslamhushållning?
2. Hur ekonomiskt genomförbart är det att investera i monoförbränningsanläggningar för fosfor- och energiåtervinning, och hur mycket påverkas det av externt ekonomiskt stöd?
3. Under vilka förhållanden kan samförbränning med jordbruksbiomassa vara ekonomiskt hållbar, och kräver det ekonomiskt stöd?
4. Hur kan integration av nya teknologier i befintliga reningsverk förbättra energi- och fosforåtervinning, och hur ekonomiskt genomförbar är detta?
5. Hur kan lokala möjligheter och ekonomiskt stöd förbättra genomförbarheten och motiv för återvinning av fosfor och energi i olika tekniska scenarier?

Resultaten visar att effektiv avloppsslamhushållning kräver teknisk, ekonomisk och geografisk anpassning. Lågkapitalstrategier som minskar slambehandlingskostnader visar stor potential. Lokala resurser och infrastruktur är avgörande för att uppnå miljömässigt hållbara, ekonomiskt genomförbara och socialt acceptabla lösningar.

Resultaten är redovisade i vetenskapliga artiklar samt Marzieh Bagheris licentiat- (2022) och doktorsavhandling (2024).

Delprojekt 3 – Mellan avfall och resurs – Att göra avloppsslam användbart (LiU, Tema Teknik och social förändring)

Doktorand Linus Ekman Burgman, handledare Harald Rohrer (Tema Teknik och social förändring, LiU) och Björn Wallsten (Sociology, UU och Formas).

Detta delprojekt har fokuserat på hur avloppsslam kan göras användbart. Efter att ha varit oönskat och begränsat i användning under slutet av 1990-talet och början av 2000-talet, började avloppsslam från 2002 åter användas i jordbruket. Genom fyra statliga utredningar försökte man förändra lagstiftningen utan resultat. Linus undersökte varför och hur avloppsslammet gick från att vara ett problem till en resurs med fokus på dessa forskningsfrågor:

1. Hur har intressenterna förverkligat avloppsslammet från 1999 till 2020-talet?
2. Hur organiserades dessa förverkliganden för att göra slammet användbart?

Linus använde dokumentanalys och intervjuer för att besvara frågorna. Dokument som granskades inkluderade artiklar om avloppsslam, remissvar på statliga utredningar och protokoll från certifieringen Revaq. Intervjuer genomfördes med experter från myndigheter och privata organisationer som arbetade med hållbar slamhantering.

Analysen visade att olika aktörer hade olika synsätt på slammet, vilket bidrog till att det inte alltid betraktades som en resurs. Trots detta lyckades lantbrukare och reningsverksoperatörer skapa en gemensam förståelse för slammet genom certifieringen Revaq, vilket möjliggjorde dess användning i jordbruket.

Slammet gavs ofta bort, ibland med ekonomisk ersättning för lantbrukarens kostnader. Samtidigt utvecklades tekniker för att extrahera värdefulla ämnen ur slammet, vilket utmanade idén om slammet som en gratis resurs.

Studien visar att marknader inte alltid är nödvändiga för att göra avfall användbart och att gränsen mellan avfall och resurs är flytande och förhandlas kontinuerligt. Arbetet redovisas i vetenskapliga artiklar och i Linus' kommande doktorsavhandling (Ekman Burgman, in print, 2024).

Den gemensamma nämnaren som sammanbundit de tre doktorandprojekten är hur befintlig infrastruktur för avfallsbehandling kan nyttjas mer effektivt än idag. Nya former av samverkan mellan termisk och biologisk avfallsbehandling skulle kunna möjliggöra produktion av nya produkter från olika avfall, minskad användning av primärresurser, ökad energieffektivitet och förbättrad ekonomi för avfallsantering, och på så sätt bidra till resurseffektiva samhällen och mer hållbara energisystem.

Aktiv samverkan dels mellan de tre doktoranderna, dels med andra forskare vid de deltagande forskningsämnena, var centralt för projektet. Projektspecifika aktiviteter (t.ex. seminarier och kurser) säkerställde ett bra samarbete och tvärvetenskaplig integration. Doktoranderna hade utöver ämnesmässig huvudhandledare och bihandledare även tvärvetenskaplig bihandledning. En annan prioriterat var att delta fullt ut i forskarskolans aktiviteter.

Vår referensgrupp, en panel bestående av intressenter och användare från olika sektorer inom avloppsslamhantering, deltog i projektmöten och bidrog till kunskapsöverföring för bransch- och samhällsintressenter. Gruppen tillförde unika perspektiv och kunskap som inte finns i vetenskaplig litteratur. Deras insatser sträckte sig bortom projektet genom att skapa kontakter och bredda deltagandet, exempelvis i intervjustudien. Paneldeltagarna var avgörande för att förfina fokus och förbättra kommunikationsstrategierna. Utbytet byggde på ömsesidigt förtroende och diskretion. Trots att specifik information inte dokumenterades eller distribuerades av sekretesskäl, var mötena inspirerande och bidrog till projektets framgång.

Resultat och diskussion

Projektets resultat har rapporterats i flera vetenskapliga publikationer samt under workshoppar och diskussioner med intressenter. Vi har formulerat fyra övergripande huvudpunkter (slutsatser) för att redogöra för både publicerade resultat och metaslutsatser baserade på kombinerade insikter. Huvudpunkterna beskrivs och diskuteras i nedanstående kapitel i den här rapporten.

SLUTSATS 1: FÖRÅLDRADE LAGAR OCH OSÄKERHET FÖRHINDRAR FRAMSTEG
INOM HANTERING AV AVLOPPSSLAM

Trots renare slam står avloppsslamhantering stilla på grund av politisk tveksamhet och brist på uppdaterad lagstiftning. Denna osäkerhet hindrar införandet av hållbara lösningar, och fokus på risker bidrar till detta. I detta byråkratiska tomrum är det frånvaron av lagstiftning, snarare än dess närvaro, som utgör det största hindret för hållbar hantering av avloppsslam i Sverige.

Utforskande av aktörers perspektiv på hinder mot användning av slam i Sverige

Riskuppfattning baseras på värderingar och erfarenheter, och det är viktigt att undersöka dessa empiriskt. Vi har analyserat vad som driver teknisk utveckling och om aktörer upplever hinder i utvecklingen och implementeringen av ny teknik. Vi intervjuade aktörer från branschorganisationer, forskare, myndigheter, kommuner och företag med fokus på tekniska, formella och informella hinder.

Hållbar hantering av avloppsslam i Sverige är fast i ett vakuum

Kvaliteten och användningen av slam påverkas mer av övrig lagstiftning och certifieringssystemet Revaq än av specifik lagstiftning om avloppsslam, som idag spelar en underordnad roll. Lagstiftningen kring gödsel och slamspridning är inkonsekvent och anpassad till jordbrukets behov snarare än till slamhantering. Osäkerhet på grund av föråldrad lagstiftning och politiska förändringar är det största hindret för investeringar i ny teknik, vilket leder till ett dödläge utan tydlig väg framåt.

Avloppsslam blir allt renare, ofta bättre än vad lagen kräver. Politiker är tveksamma till att uppdatera lagstiftningen, medan intressenterna väntar på politiska beslut. Detta skapar ett låst läge där fyra statliga utredningar inte lett till förändring, vilket försvårar investeringar. Försiktighetsprincipen, tillsammans med det negativa rykte som avloppsslam har, bidrar till stagnation. Trots riskerna måste man inte låta sig förlamas av dessa.

Dödläge kring riskuppfattning, stagnerande regelverk och ekonomiska utmaningar

Riskfokus på avfall är vanligt, men avloppsslam kan ofta marknadsföras bättre om det får ett positivt marknadspris. Den föråldrade lagstiftningen och osäkerheten kring framtiden leder till stagnation i implementeringen av hållbara lösningar. Bristen på uppdaterad lagstiftning, snarare än befintlig lagstiftning, är det verkliga hindret för hållbar hantering av avloppsslam.

Vidare läsning

Bauer T (2023). Sustainable Sewage Sludge Management: Addressing Multidisciplinary Challenges. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-96680>

Johansson O, Bauer T, Pettersson M. Actor's perspectives on barriers to the use of sewage sludge in Sweden. Water Policy (2024) 26 (4): 395–409. <https://doi.org/10.2166/wp.2024.224>

Pettersson M, Johansson O (2022). How cautious should we be? The role of the precautionary principle in the regulation of sewage sludge in Sweden. Detritus, 21, 105-113, <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2022.16227>

SLUTSATS 2: HYDROTERMISK KARBONISERING (HTC) ÄR INTE NÖDVÄNDIGT-VIS EN NYCKEL I OMSTÄLLNINGEN

HTC kan fungera som en länk mellan biologisk och termisk behandling genom att producera hydrokol, ett lagringsbart och transporterbart bränsle. Fördelarna inkluderar förbättrad avvattning, minskat energibehov för torkning, lägre koldioxidavtryck och möjlig fosforåtervinning. Ekonomisk lönsamhet beror på noggrann utvärdering av höga temperaturkrav och potentiella miljöeffekter, samt den höga startkostnaden. HTC kan bli mer ekonomiskt intressant vid stigande kostnader för avloppsslam eller högre marknadspriser för återvunnen fosfor.

HTC för avvattning av avloppsslam för förbränning eller markspridning

Hydrotermisk karbonisering (HTC), en termisk behandling som inte kräver föregående torkning, kan användas som en länk mellan biologiska och termiska behandlingar eftersom tekniken fungerar med substrat med högt vatteninnehåll. Den ökade avvattningsförmågan hos det bildade hydrokolet medger stora energibesparingar jämfört med konventionell avvattning och torkning av slammet. Detta gör hydrokol till ett möjligt bränsle för förbränning, då det kan lagras och transporteras på ett rimligt sätt, till skillnad från avloppsslam. Det producerade hydrokolet kan även användas på jordbruksmark. HTC kan integreras i behandlingssystemen för avloppsslam (Figur 2), med möjligheter att återvinna fosfor samt förbättra biogasproduktionen genom återcirkulering av processvatten. Vi fokuserade på en möjlighet som ofta nämns, nämligen att använda HTC som avvattningsmetod när rötslam lämnar avloppsreningsverket eller biogasanläggningen. Detta skulle vara fördelaktigt då det inte kräver ytterligare anpassningar vid avloppsreningsverket.

Miljömässig och ekonomisk prestanda beror på processkonfiguration

HTC erbjuder stora fördelar vid avvattning genom att undvika transport av vått slam. Jämfört med konventionell torkning minskar HTC

energibehov, vilket påverkar flera miljökategorier, även om det finns viss osäkerhet. Behandlingen av avloppsvattnet efter HTC påverkar också miljön beroende på om mer biogas produceras eller ej. Om processvattnet används för

biogasproduktion minskar klimatpåverkan men ökar ekotoxiciteten. Vid jämförelse av markspredning av avloppsslam och hydrokol är miljöpåverkan marginell, främst på grund av lägre kol- och kväveinnehåll i hydrokol. HTC har ingen tydlig fördel eftersom hydrokol, till skillnad från biokol från pyrolys, sönderfaller i jorden inom några år och är därmed mindre lämpligt för koldioxidbindning. Även om HTC minskar energibehovet för torkning är det inte en stor fördel jämfört med konventionella torkar som kan använda värmekällor med låg temperatur. HTC kräver istället högtemperaturvärmekällor, vilket kan påverka förbränningsprocesser och elproduktionen negativt.

Integrering med behandling av avloppsvatten förbättrar ekonomin

HTC kan vara ekonomiskt intressant när den integreras i avloppsreningsverk med anaerob nedbrytning. Denna metod förbättrar biogasproduktionen, minskar kostnader för avloppsslam och skapar potentiella intäkter från hydrokol. I avloppsreningsverk med kraftvärme kan HTC vara lönsamt beroende på tekniska villkor och marknadsförhållanden. Hög temperatur kan dock leda till lägre elproduktion, men samförbränning med avloppsslam från externa källor kan förbättra ekonomin, förutsatt att behandlingsanläggningen erhåller en mottagningsavgift för det externa slammet. Fosforåtervinning från HTC kan också bidra till lönsamheten utan ytterligare investeringar.

Sammanfattningsvis signalerar energifördelarna hos HTC inte en robust investeringsmöjlighet på grund av höga startkostnader. Tekniken blir dock mer intressant vid ökade hanteringskostnader för avloppsslam eller högre priser på återvunnen fosfor.

Vidare läsning

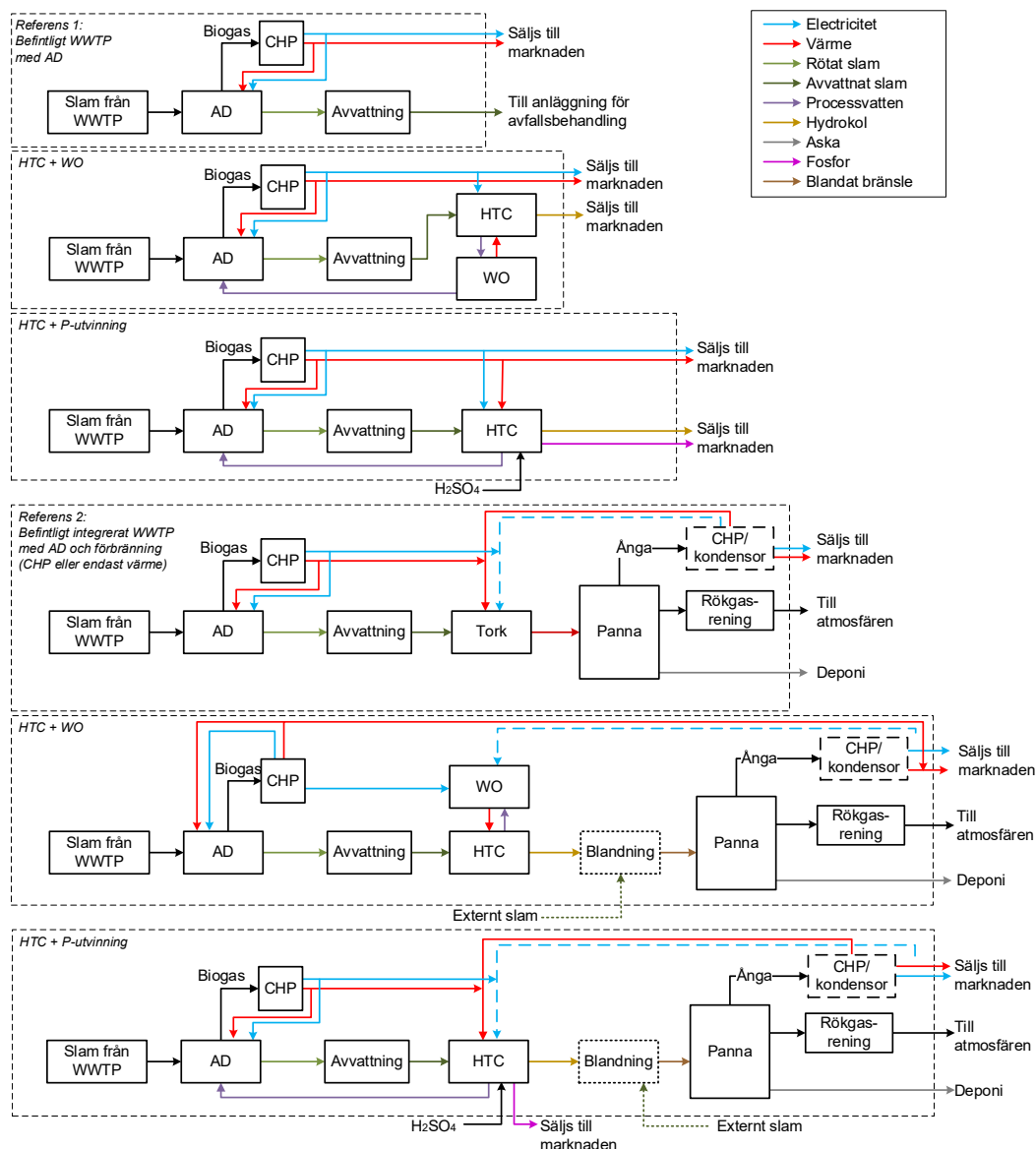
Bagheri M (2022). Integrated sewage sludge treatment scenarios – techno-economic analysis on energy and phosphorus recovery. Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-93662>

Bagheri M, Wetterlund E (2023). Introducing hydrothermal carbonization to sewage sludge treatment systems—a way of improving energy recovery and economic performance? Waste Management 170, 131-143, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.08.006>

Bagheri M (2024). Sewage Sludge Treatment Scenarios: Techno-Economic Analyses of Energy and Phosphorus Recovery Focusing on Implementation Challenges. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-105083>

Bauer T (2023). Sustainable Sewage Sludge Management: Addressing Multidisciplinary Challenges. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-96680>

Bauer T, Damgaard A, Andreas L. Integration of hydrothermal carbonisation into Swedish sewage sludge treatment systems. Manuskript.



Figur 2 Översikt av möjliga alternativ för att integrera HTC i befintliga avloppsreningsverk (WWTP) och hanteringssystem för avloppsslam som har studerats inom ramen för detta projekt. WO = våtoxideration, AD = anaerob nedbrytning (rötning), CHP = kraftvärme. Anpassad efter (Bagheri & Wetterlund, 2023).

SLUTSATS 3: TILLSATS AV ASKA I AVLOPPSSLAM MÖJLIGGÖR SNABB BIOLOGISK BEHANDLING OCH ANVÄNDBARA RESTER

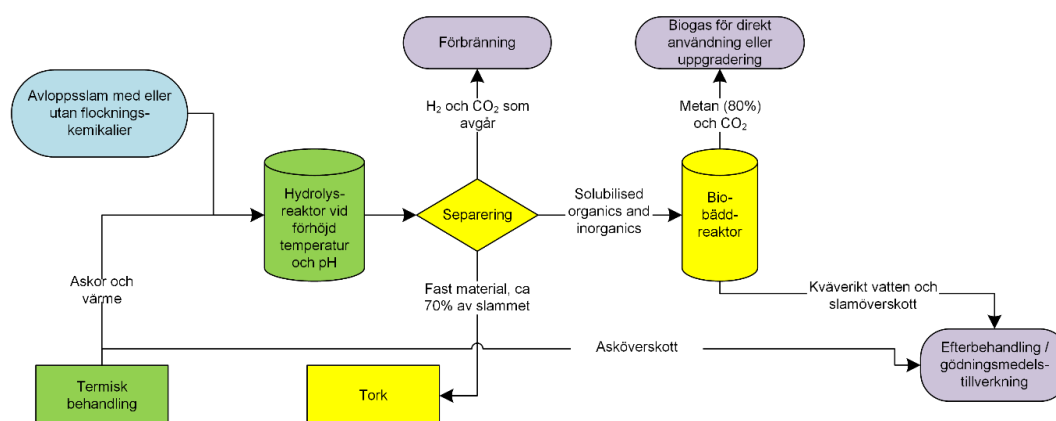
Vår metod för behandling av avloppsslam kan korta ner processen från 15–20 dagar till bara fyra dagar. Till skillnad från traditionella metoder betonas slamstabilisering framför volymminskning. Behandlingen utvinner effektivt gaspotentialen och lämnar rester som kan användas för att producera bränsle eller hydrokol. Metoden tillåter användning av mindre utrustning, vilket sänker kostnaderna och gör konceptet särskilt fördelaktigt för medelstora och mindre samhällen.

Övergång från traditionell anaerob nedbrytning

Anaerob nedbrytning, traditionellt genom en omrörd tankreaktor, har använts i över ett sekel för att minska slamvolymen och generera biogas. Trots sin långvariga användning har den lång behandlingstid (15–20 dagar) och endast cirka hälften av det inkommande organiska materialet bryts ner. Detta öppnar för nya metoder. Vi undersökte effekten av att tillsätta träaska i den traditionella rötningsprocessen för att förbättra hydrolys, acidogen fermentering och näringsinnehåll. Även om sulfatet kan gynna sulfatreducerare, vilket tidigare oroat för metanproduktionen, visade sig detta inte vara ett hinder. Ökningen av sulfidbildningen tyder på att asktillsats kan vara ett lovande alternativ för att förbättra anaerob nedbrytning.

Snabbare behandling, bättre gaspotential och stabilitet

Vi utvecklade en metod som förkortar behandlingstiden till två dagar med buffrad uppvärmning och effektiv nedbrytning av slammet till vattenfasen, vilket eliminerar behovet av särskild hygienisering. Denna metod ökar hydrolysen och den acidogena fermenteringen. Resultatet är en snabbare separation av gaspotentialen och en mindre reaktiv restprodukt som kan användas som bränsle eller för produktion av hydrokol eller biokol. Träaskan möjliggör en kombinerad termisk och biologisk behandling. Metanbildningen sker i en bioreaktor med rörlig bädd och tar ytterligare två dagar (se *Figur 3*).



Figur 3 Processkiss för det föreslagna konceptet med tillsats av vedaska till biologisk slambehandling. Baserad på Niero et al. (2021 och 2023).

Kortare tider innebär lägre kostnader

Hela processen genomförs på fyra dagar istället för 15-20 dagar. Den resulterar i biogas med högre metankoncentration än konventionell rötning, även om den kräver ytterligare bufferttillsats och ger större mängder restsam. Den kraftiga minskningen i behandlingstid med 70–80 procent gör processen lovande och kostnadseffektiv, särskilt för små och medelstora samhällen där kostnadsaspekten är avgörande.

Vidare läsning

Bauer T, Pelkonen M, Lagerkvist A (2022). Co-digestion of sewage sludge and wood fly ash. *Env. Technol.* 43(12), 1853-1859, <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1856937>

Niero L, Morgan-Sagastume F, Lagerkvist A (2021). Accelerating acidogenic fermentation of sewage sludge with ash addition. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 106564, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106564>

Niero L, Morgan-Sagastume F, Pelkonen M, Lagerkvist A (2024). Short retention time for methane production from sewage sludge hydrolysate using anaerobic moving-bed bio-film reactors (AnMBBR) under thermophilic and mesophilic conditions. Manuskrift.

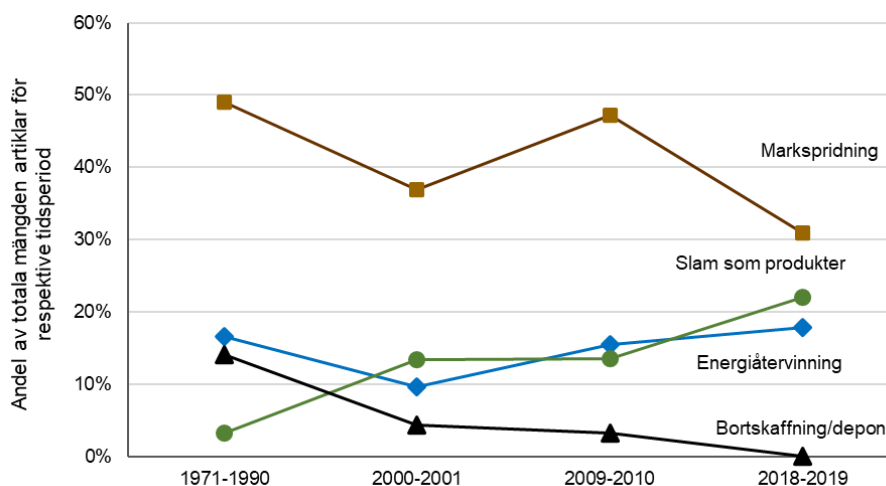
SLUTSATS 4: OLIKA OCH MOTSTRIDIGA MÅL UTMANAR FORSKNINGEN OM HANTERING AV AVLOPPSSLAM

Genom att granska forskning om hantering av avloppsslam från de senaste fem decennierna har vi identifierat framväxande trender. Fokus har skiftat från bortskaffning (deponi) till utvinning av resurser, särskilt fosfor, påverkad av ekonomiska och lagstiftningsmässiga förändringar. Det finns dock brister i forskningen, särskilt vad gäller ekonomisk lönsamhet, övergripande strategier och utmaningar vid implementering av avancerad teknik för utvinning. Att adressera dessa komplexa frågor är avgörande för hållbar hantering av avloppsslam.

Trender inom forskning om hantering av avloppsslam

Vi analyserade motiven och farhågorna som driver forskningen om avloppsslam genom en omfattande litteraturgenomgång från de senaste fem decennierna. Vårt mål var att identifiera trender och forskningsluckor. Hantering av avloppsslam omfattar fyra dominerande metoder: bortskaffning (deponering eller dumpning till havs), markspredning (spredning på jordbruksmark), slam som produkter (utvinna resurser för olika användningsområden), och energiåtervinning (återvinning av energi och minskning av volym).

Utifrån dessa metoder identifierade vi fyra forskningstrender (se *Figur 4*): (i) minskat intresse för bortskaffning, (ii) gradvis minskning i intresset för markspredning, (iii) ökat intresse för slam som produkter, och (iv) konstant intresse för energiåtervinning.



Figur 4 Förändringar i de fyra dominerande metoderna att hantera avloppsslam över tid, uttryckta som andel av alla studier under en viss period. Anpassad efter (Bagheri et al., 2022).

Forskare fokuserar alltmer på utvinning av specifika resurser, där fosfor har en central roll. Detta intresse korrelerar med förändringar i lagstiftning och globala ekonomiska faktorer. Exempelvis ökar intresset för fosforåtervinning på grund av det höga marknadspriset för fosfatmineral och fosfors status som kritisk råvara. Begränsningar i deponering av organiskt avfall och främjande av markspridning förklarar det minskade intresset för bortskaffning och markspridning. Vissa trender är dock svåra att förklara med politiska eller marknadsmässiga förändringar, såsom det minskade intresset för bortskaffning trots dess praktiska betydelse globalt.

Identifierade frågor och forskningsluckor

Forskningen om avloppsslam uppvisar ofta ett snävt fokus, där ekonomiska aspekter och bortskaffning av restprodukter efter resursutvinning ofta förbises. Studier med ökat intresse för resursutvinning tar inte alltid hänsyn till de kostsamma utmaningar som uppstår vid implementering av avancerad teknik. Den ekonomiska lönsamheten hos slambaserade produkter underskattas, trots att avsaknaden av en marknad för sådana produkter och kostnader för hantering av restprodukter kan skapa osäkerhet. Det finns även en tendens att fokusera på enskilda resurser och bortse från hela resurspotentialen hos avloppsslam.

Ytterligare överraskning är den begränsade omfattningen av forskningens fokus. Trots ett holistiskt angreppssätt fokuserade två tredjedelar av de granskade studierna på endast en skala, ett behandlingssteg, eller ett ämne i slammet, vilket försummar det bredare perspektiv som behövs för heltäckande hantering. Att adressera dessa komplexiteter är avgörande för att utveckla effektiva arbetsmetoder och säkerställa hållbara lösningar för framtiden.

Vidare läsning

Bagheri M (2022). Integrated sewage sludge treatment scenarios – techno-economic analysis on energy and phosphorus recovery. Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-93662>

Bagheri M, Bauer T, Ekman Burgman L, Wetterlund E (2023). Fifty years of sewage sludge management research: Mapping researchers' motivations and concerns. Journal of Environmental Management 325, 116412, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116412>

Bagheri M (2024). Sewage Sludge Treatment Scenarios: Techno-Economic Analyses of Energy and Phosphorus Recovery Focusing on Implementation Challenges. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-105083>

Bauer T (2023). Sustainable Sewage Sludge Management: Addressing Multidisciplinary Challenges. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-96680>

Publikationslista

Vetenskapligt granskade originalartiklar

Bagheri M, Gómez-Sanabria, A, Höglund-Isaksson, L (2024) Economic feasibility and direct greenhouse gas emissions from different phosphorus recovery methods in Swedish wastewater treatment plants. Sustainable Production and Consumption, 49, pp. 462-473.

Bagheri M, Bauer T, Ekman Burgman L, Wetterlund E (2023). Fifty years of sewage sludge management research: Mapping researchers' motivations and concerns. Journal of Environmental Management 325, 116412, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116412>

Bagheri M, Wetterlund E (2023). Introducing hydrothermal carbonization to sewage sludge treatment systems—a way of improving energy recovery and economic performance? Waste Management 170, 131-143, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.08.006>

Bagheri M, Öhman M, Wetterlund E. Maximizing the use of sewage sludge and agriculture residue for energy and nutrients recovery in Sweden without intensive investment – a techno-economic analysis. Manuskript.

Bagheri M, Öhman M, Wetterlund E (2022). Techno-economic analysis of scenarios on energy and phosphorus recovery from mono- and co-combustion of municipal sewage sludge. Sustainability 14(5), 2603, <https://doi.org/10.3390/su14052603>

Bauer T, Damgaard A, Andreas L. Integration of hydrothermal carbonisation into Swedish sewage sludge treatment systems. Manuskript.

Bauer T, Ekman Burgman L, Andreas L, Lagerkvist A (2020). Effects of the different implementation of legislation relating to sewage sludge disposal in the EU. Detritus 10, 92-99, <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2020.13944>

Bauer T, Pelkonen M, Lagerkvist A (2022). Co-digestion of sewage sludge and wood fly ash. *Environmental technology* 43(12), 1853-1859, <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1856937>

Ekman Burgman L (2022) What sewage sludge is and conflicts in Swedish circular economy policymaking. *Environmental Sociology*, Vol. 8, s. 292-301, <https://doi.org/10.1080/23251042.2021.2021603>

Ekman Burgman L, Wallsten B (2021) Should the Sludge Hit the Farm? - How Chemo-Social Relations Affect Policy Efforts to Circulate Phosphorus in Sweden Sustainable Production and Consumption, Vol. 27, s. 1488-1497. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.011>

Johansson O, Bauer T, Pettersson M (2024) Actor's perspectives on barriers to the use of sewage sludge in Sweden. *Water Policy* (2024) 26 (4): 395–409. <https://doi.org/10.2166/wp.2024.224>.

Niero L, Morgan-Sagastume F, Lagerkvist A (2021). Accelerating acidogenic fermentation of sewage sludge with ash addition. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 106564, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106564>

Niero L, Morgan-Sagastume F, Pelkonen M, Lagerkvist A (2023). Short retention time for methane production from sewage sludge hydrolysate using anaerobic moving-bed biofilm reactors (AnMBBR) under thermophilic and mesophilic conditions. Manuskript.

Akademiska avhandlingar

Bagheri M (2022). Integrated sewage sludge treatment scenarios – techno-economic analysis on energy and phosphorus recovery. Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-93662>

Bagheri M (2024). Sewage Sludge Treatment Scenarios: Techno-Economic Analyses of Energy and Phosphorus Recovery Focusing on Implementation Challenges. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-105083>

Bauer T (2021). Can new treatment combinations make sewage sludge management more sustainable? Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-84162>

Bauer T (2023). Sustainable Sewage Sludge Management: Addressing Multidisciplinary Challenges. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet. Tillgänglig på: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-96680>

Ekman Burgman, L (2024) Between Waste and Resource – Enacting Sewage Sludge as Useable Good. Doktorsavhandling, Linköpings universitet, in print. ISBN 978-91-8075-725-6

Konferenspresentationer och -publikationer

Bagheri M, Bauer T (2021). Investigation of Sewage Sludge Management Regimes. Presenterad vid Re-opening the bin, Göteborg, juni 2021.

- Bagheri M, Öhman M, Wetterlund E (2021). Techno-economic analysis of energy and phosphorus recovery from sewage sludge. Presenterad vid Sardinia 2021 - 18th International Symposium on Waste Management and Sustainable Landfilling. CISA Publisher.
- Bauer T, Andreas L, Damgaard A (2022). Optimal integration of hydrothermal carbonisation into sewage sludge treatment systems. Presenterad vid 7th Expert Forum on Hydrothermal Processes 2022, Leipzig, Tyskland.
- Bauer T, Ekman Burgman L (2019). Effects of different implementations of sewage sludge disposal legislation in the EU. Presenterad vid Sardinia 2019 - 17th International Symposium on Waste Management and Sustainable Landfilling. CISA Publisher.
- Bauer T, Ekman Burgman L (2023). Icke-tekniska utmaningar i svensk slamhantering – lagstiftning, attityder och aktörer. Presenterad vid konferensen Avfall i Nytt fokus i Göteborg, 13-14 mars 2023.
- Bauer T, Lagerkvist A (2020). Finding new sewage sludge treatment solutions for the arctic city of Kiruna. Presenterad vid Venice 2020 – 8th International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Virtual, 16-19 november 2020. CISA Publisher.
- Ekman Burgman L (2023). Leaks at the sewage seams. Presenterad vid Opening the Bin 3, Lancaster (15-17 juni)
- Ekman Burgman L (2023). Homogenizing sewage sludge. Presenterad vid Interdisciplinary Market Studies Workshop, Edinburgh (31 maj–2 juni)
- Ekman Burgman L (2022). Homogenizing sewage sludge. Presenterad vid After Method in Organization Studies IV (AMOS), Mälardalen University, Västerås (16-17 juni).
- Ekman Burgman L (2022). What sewage sludge is and conflicts in Swedish circular economy policymaking. Presenterad vid Svenska STS-dagarna, Göteborg
- Ekman Burgman L (2021). The many versions of sewage sludge in policymaking and the waste-to-resource conundrum. Presenterad vid Re-opening the bin, Göteborg, juni 2021.
- Ekman Burgman L (2020). Making Sewage Sludge Different – The waste-to-resource conundrum in Swedish sewage sludge policy making. Presenterad vid Venice 2020 – 8th International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Virtual, November 2020.
- Ekman Burgman L (2020). Avloppsslam som resurs och avfall. Presenterad vid STS-Sverige, Umeå (Digitalt).
- Ekman Burgman L (2020). Sludge Stories - A Journey Into The Indeterminate World of Wastewater Residues. Presenterad vid 4S and EASST, Czechia/Prague (Digitalt).
- Ekman Burgman L (2020). Sewage Sludge in Transition from Resource to Waste? Presenterad vid Nordiska STS-konferensen, Finland/Tampere.
- Johansson O, Bauer T, Petterson M (2023). Actor's perspectives on barriers to the use of sewage sludge in Sweden. Presenterad vid WasteSafe 2023, 8th Int. Conf. on Sustainable Solutions for Waste Management in Developing Countries, 25-26 February 2023 och vid konferensen Avfall i Nytt fokus i Göteborg, 13-14 mars 2023.

Lagerkvist A, et al. (2021). HTT has a great potential for treatment of organic wastes: Why is it not used more often? Workshop vid Sardinia 2021 - 18th International Symposium on Waste Management and Sustainable Landfilling, oktober 2021.

Lagerkvist A, et al. (2021). Hydrothermal Treatment – When is Pressure Cooking a Good Choice? Virtual IWWG Workshop vid Crete 2021 – 7th International conference on industrial and hazardous waste management. Chania, Kreta, Grekland, juli 2021.

Interaktion med intressenter

Under projektet hade vi tre workshoppar med aktörer och intressenter från hela värdekedjan, däribland aktörer inom biologisk och termisk avfallsbehandling samt användare av återvunna resurser.

Följande företag och organisationer representerades under workshoppar och diskussioner och har bidragit med värdefull input.

Feralco
Fortum
Hushållningssällskapet Skåne
Kretsloppskontoret Göteborg
Lumire – Luleå Miljöresurs
Renova
RISE
Stockholm Exergi
Stockholm Vatten och Avfall
Sysav
Tekniska Verken i Linköping
VA-SYD

Bilagor

- Administrativ bilaga